Anat. 429 mb/2

Lehrbuch

der

Phyſiologie des Menſchen.

Für

Aerzte und Studirende.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Lehrbuch

der

Phyſiologie des Menſchen.

Für

Aerzte und Studirende.

Von

Dr. G. Valentin,
ordentl. Profeſſor der Phyſiologie und vergleichenden Anatomie an der Univerſität Bern.

In zwei Bänden.

Zweiter Band.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzſchnitten.

Braunſchweig,
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
1844.

Anat. 429 mb/2

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

mak.

96 a

Specielle Physiologie.

Zweite Abtheilung.

Die Lehre vom Nervenleben.

Bayeriſche Staatsbibliothek MÜNCHEN

Während die Thätigkeiten des Stoffwandels die Erhaltung des organi- 575
ſchen Individuums vermitteln, bringen die des Nervenſyſtemes den Menſchen oder das Thier in eine ſelbſtſtändige und keine bloß von den äußeren Verhältniſſen abhängige Beziehung zu ſeiner Umgebung. Die unorganiſchen Körper werden nur inſofern, als phyſikaliſche oder chemiſche Anregungen ihre Attractionszuſtände afficiren, in Bewegung geſetzt. Ihr Daſein oder ihre Vernichtung, ihre Beſtändigkeit oder Veränderung hängt einzig und allein von dieſen Momenten ab. Alle Gruppirungen ihrer Atome werden bloß auf ſolche Art zu Stande gebracht oder aufgehoben. Die Pflanzen zeichnen ſich vor den unorganiſchen Maſſen dadurch aus, daß ihnen eine bewundernswerthe präſtabilirte Harmonie eine Reihe von Apparaten verliehen hat, welche unter Vorausſetzung einer gehörigen Speiſung durch Nahrungsreize und Ernährungsſubſtanzen Organ an Organ aufbauen und mittelſt eines regulirten Stoffwandels nicht nur das Individuum, ſondern auch die Gattung erhalten. Sonſt dagegen bieten die Gewächſe noch jene Paſſivität dar, die wir an den unorganiſchen Subſtanzen wahrnehmen.

Bei den Thieren und dem Menſchen tritt aber zu den Erſcheinungen der materiellen Selbſterhaltung eine Reihe von Phänomenen hinzu, durch welche das Ich activ in ſeine Lebensäußerungen eingreift, von den Außenverhältniſſen eine ſelbſtſtändige Kenntniß erlangt und ſeine Reaction und ſeinen Willen, vorzüglich durch Bewegungen und deren fernere Wirkungen, zu erkennen zu geben ſucht. Das Subſtrat dieſer höheren Lebensäußerungen bildet das *Nervenſyſtem*, von welchem die beiden übrigen Naturreiche keine Spur darbieten. Wie es aber auf dieſe Weiſe als der höchſte Apparat der animalen Geſchöpfe erſcheint, ſo beherrſcht es einen Theil der Functionen derſelben direct, während es auf einen anderen mehr oder minder indirect einzufließen vermag.

In die Lehre vom Nervenleben gehört aber nicht bloß die Darſtellung 576
der Thätigkeiten der nervöſen Apparate, ſondern auch derjenigen Organe, deren weſentliches Beſtimmungsglied ein nervöſer Theil bildet, d. h. der *Empfindungs-* und der *Bewegungswerkzeuge*. An und für ſich ſind alle in dieſe Kategorie fallenden Organe nach entſprechenden phyſikaliſchen Principien eingerichtet. In dem Auge haben wir eine Camera obscura mit paſſenden Brechungsmitteln der Lichtſtrahlen, in dem Ohre eine eigenthümliche Vorrichtung für die Leitung und Concentration der Schallwellen, in dem Geruchsorgane einen Apparat, damit die riechenden dunſtförmigen Stoffe vor einer großen Oberfläche auf berechnete Weiſe vorüber-

ſtrömen, in dem Geſchmackwerkzeuge einen ſolchen, um aufgelöſte ſchmeckbare Subſtanzen an gewiſſe Schleimhautſtellen gelangen zu laſſen, in den Taſtorganen endlich eine Hautausbreitung, welche die Affectionen des Druckes, der Temperatur u. dgl. anzugeben vermag. Allein was wäre das Auge ohne Verbindung mit dem Nervenſyſtem? Das Bild der äußeren Gegenſtände könnte ſich immerhin auf der Netzhaut abſpiegeln. Ohne Sehnerven und ohne Gehirn erhielten wir keine Vorſtellung von ihm. Alle phyſikaliſchen Einrichtungen des Gehör-, des Geruchs-, des Geſchmacks- und des Taſtorganes wären vollkommen nutzlos, wenn der höhere Einheitspunkt des Nervenſyſtemes oder auch nur der Uebergang zu demſelben mangelte.

In Betreff der wichtigeren Bewegungsorgane fände das Gleiche Statt. Wozu alle Muskeln, wenn nicht ein nervöſes Princip dieſelben nach unſerem Willen leitete? Allerdings wäre es denkbar, daß diejenigen Bewegungen, welche vorzugsweiſe dem Stoffwandel dienen, auch ohne Nervenſyſtem automatiſch und durch eigene inwohnende Kräfte thätig ſein könnten. Allein dann würde ſich das Thier nicht von der Pflanze unterſcheiden. Denn auch in dieſer finden ſich vielerlei Bewegungen, welche Folgen ihres organiſchen Baues darſtellen, die aber eben des höchſten Principes, der Möglichkeit der willkürlichen Anregung, entbehren. Wenn alſo die Empfindungs- und Bewegungswerkzeuge einen höheren Rang in unſerer Organiſation einnehmen, wenn ſie mit Recht in Verbindung mit dem Nervenſyſteme als animale Organe vorzugsweiſe bezeichnet werden, ſo verdanken ſie dieſes nur den nervöſen Apparaten. Ihre übrigen Theile können entweder geradezu als phyſikaliſche Einrichtungen angeſehen werden oder bieten mehr oder minder Eigenthümlichkeiten dar, welche ſie dieſen letzteren Vorrichtungen in höherem oder niederem Grade parallel ſtellen. Die Geſetze dieſer ihrer Wirkungen ſind die der Optik, der Akuſtik, der Mechanik u. dgl.

577 Betrachten wir aber den Gang der Reize, ſo bieten uns in dieſer Hinſicht die objectiven Empfindungs- und die Bewegungserſcheinungen ein entgegengeſetztes Verhalten dar. Bei den erſteren wird der äußere Eindruck oder ein Aequivalent deſſelben von der beſtimmten Empfindungsſtelle nach dem centralen Nervenſyſteme übergeführt. Sehen wir dieſes letztere als End- oder Mittelpunkt der Wirkungen an, ſo iſt der Weg ein centripetaler. Bei den Bewegungserſcheinungen hingegen trägt ſich der Reiz des Willens oder ein ihm analog wirkendes Agens von dem nervöſen Apparate auf die peripheriſchen der Zuſammenziehung fähigen Organe über. Die Bahn wird alſo zu einer centrifugalen. Wie wir in der Nervenphyſiologie ſehen werden, hat jede einzelne Nervenprimitivfaſer, ſofern ſie objective Wirkungen anregt, ihre beſtimmte ihr zugewieſene Rolle. Sie leitet urſprünglich unter allen Verhältniſſen entweder nur centripetal oder centrifugal und trägt ihren Reiz auf keine benachbarte, ihr noch ſo nahe liegende Primitivfaſer über, ſo lange ſie in dem Bereiche der peripheriſchen Nerven verharrt.

578 Die Empfindungen, deren unſer Körper fähig iſt, reduciren ſich auf

die Wahrnehmungen des Geſichtes, des Gehörs, des Geruchs, des Geſchmackes und des Getaſtes. Statt des letzteren können auch andere Perceptionen, wie die der Temperatur, des Schmerzes, der Wolluſt oder der bloßen organiſchen Auffaſſung eines Reizes hervortreten. Da aber jede Primitivfaſer unſeres Organismus nur eine beſtimmte Thätigkeitsweiſe, welche ihrer peripheriſchen Verbreitung entſpricht, darbietet, ſo muß ein Theil derſelben bloß die Eindrücke des Sehens, Hörens, Riechens und Schmeckens vermitteln, während ein anderer dem Taſten mit ſeinen oben erwähnten modificirten oder vicariirenden Thätigkeiten vorſteht. Die erſtere Art von centripetalen Nervenfaſern nennt man ſenſuelle, die letztere ſenſible. Die centrifugalen dagegen heißen, inſofern ſie nur Bewegungen hervorrufen, motoriſche. An ihnen unterſcheidet man diejenigen, welche die Zuſammenziehungserſcheinungen von Muskeln leiten, als musculomotoriſche oder motoriſche im engeren Sinne, diejenigen dagegen, welche auf die Bewegungsphänomene der contractilen, nicht musculöſen Gebilde direct einwirken, als organomotoriſche Faſern.

Wie aber alle Elemente unſeres Körpers nach gewiſſen ſymmetriſchen 579
Verhältniſſen angeordnet ſind, ſo zeigt ſich auch in Betreff der Vertheilung der ſenſuellen, ſenſiblen und motoriſchen Nervenfaſern eine beſtimmte regelmäßige Dispoſition. Am deutlichſten tritt ſie an dem Anfange des peripheriſchen Nervenſyſtemes, d. h. an den Urſprüngen der Nerven aus dem Gehirn und Rückenmark hervor. Der Sehnerve, der Hörnerve, der Geruchsnerve und größtentheils, wo nicht gänzlich der Geſchmacksnerve (N. glossopharyngeus) führen nur ſenſuelle Faſern, welche bloß ihre ſpeciellen Energieen des Sehens, Hörens, Riechens und Schmeckens darbieten. Da das Rückenmark weder dem Auge noch dem Ohr, weder der Naſe noch dem Geſchmacksorgane ſenſuelle Faſern liefert, ſo können ſeine Nerven nur ſenſible oder motoriſche ſein. Nun ſehen wir aber die Wurzeln derſelben ſo vertheilt, daß, mit bloßer Ausnahme der erſten, je eine vordere und eine hintere vorhanden iſt. Dieſer anatomiſchen Symmetrie entſpricht denn auch die phyſiologiſche, daß jene der Schmerzensempfindung dient, während dieſe musculomotoriſch iſt. Sowie jedoch beiderlei Nervenwurzeln zu einem Rückenmarknerven zuſammentreten, legen ſich empfindende und bewegende Faſern an einander und vermengen ſich mit einander. Der Nerve wird auf dieſe Art gemiſcht. Den letzteren Charakter bewahren dann die meiſten peripheriſchen Nerven während des größten Theiles ihres Verlaufes. Die höheren Sinnesnerven allein, wie z. B. der Sehnerve, der Hörnerve halten ſich von einer ſolchen Miſchung möglichſt frei.

Da jede einzelne Nervenfaſer nur ihre ſpecielle Energie beſitzt, ſo kann die Natur des Reizes, welcher ſie trifft, den Grundcharakter der Antwort, die hierauf erfolgt, nicht weſentlich ändern. Nur Artunterſchiede, nicht aber Gattungsdifferenzen vermögen hierbei hervorzutreten. Es muß z. B. ganz gleichgültig ſein, ob wir den Sehnerven mechaniſch, galvaniſch oder chemiſch reizen. Da die Faſern des N. opticus einzig und allein Lichtempfindung hervorrufen, ſo werden immer, ſobald nur überhaupt eine Wirkung zu Stande kommt, Bilder entſtehen und dieſe höchſtens qualitativ mehr oder

minder der Verſchiedenartigkeit des Reizes entſprechen. Aus demſelben Grunde müſſen auch dieſelben Irritamente, welche in dem Sehnerven die Erſcheinung von Licht bedingen, in dem Hörnerven die von Tönen u. ſ. w. hervorrufen, ſobald ſie auf einen musculomotoriſchen Nerven einwirken, Muskelbewegungen, und wenn ſie einen gemiſchten Rückenmarksnerven treffen, Schmerzensempfindungen und Zuckungen erzeugen.

580 Jede Nervenfaſer leitet einen Reiz, welcher ſie trifft, oder die Wirkung deſſelben mit einer nicht beſtimmt meßbaren, ſehr großen Schnelligkeit zu demjenigen ihrer Enden, welcher der Fortpflanzungsrichtung ihrer eigenthümlichen Energie entſpricht. In den centripetalen Faſern gelangt daher das Irritament oder deſſen Aequivalent zu dem centralen, in den centrifugalen zu dem peripheriſchen Ende der Primitivfaſern. Aus dieſem Grundgeſetze folgt aber, wie es auch die Erfahrung beſtätigt, von ſelbſt, daß es z. B. ganz gleichgültig ſein muß, ob wir die Nervenfaſern des Sehnerven in der Netzhaut oder in dem Stamme des N. opticus oder in dem Verlaufe derſelben in dem Gehirne angreifen. Immer wird dieſe Reizung durch Lichterſcheinungen erwiedert werden. Erfolgt ſie durch ein äußeres Bild, welches ſich auf der Netzhaut abſpiegelt, ſo muß die Antwort dem objectiven ſpecifiſchen Verhältniſſe mehr oder minder entſprechen. Sie wird dann eine objective Empfindung darſtellen. Greifen wir hingegen z. B. die Retina durch bloßen Druck an, ſo werden unbeſtimmte Funkenerſcheinungen auftreten, welche keinem objectiven Bilde entſprechen. Wir haben dann eine bloß ſubjective Sinneswahrnehmung.

581 Die Auffaſſungsweiſe der centripetalen Anregungen charakteriſirt ſich auf eine eigenthümliche Art. Das Bild z. B., welches ſich auf unſerer Netzhaut abſpiegelt, wird im Gehirn empfunden. Allein nicht dieſer Ort der Perception kommt zu unſerem Bewußtſein. Wir verſetzen vielmehr jenes nach Außen und denken es uns mehr oder minder an den Ort, an welchem es ſich wahrhaft befindet. Ja die Feuererſcheinungen, welche z. B. durch Druck auf die Retina entſtehen, werden von uns ſo wahrgenommen, als befänden ſie ſich außerhalb des Augapfels in einer größeren oder geringeren Entfernung von demſelben. Während alſo der Reiz oder deſſen Aequivalent reell centripetal fortgeht, wird die durch ihn bedingte Antwort nicht auf den Endpunkt ſeiner Bahn bezogen, ſondern auf die Ausgangsſtelle der Reizung, und noch über dieſe hinaus ideell zurückgeführt. Bei den ſenſiblen Faſern erfolgt dieſe Reduction in der Regel auf die Umgebungen der peripheriſchen Enden der Nerven. Wir fühlen z. B. den Schmerz da, wo wir uns die Haut durchſchnitten, verbrannt, geätzt haben. Allein auch ein Menſch, dem man den Hüftnerven trennt, empfindet daſſelbe nicht ſowohl an der Trennungsſtelle, als in der Wade, dem Fuße und überhaupt in allen ſolchen Theilen, in welchen ſich die ſenſiblen Faſern des N. ischiadicus mit ihren Endſchlingen verbreiten.

582 Man ſieht aber leicht ein, daß ein weſentlicher Unterſchied zwiſchen den centrifugalen und den centripetalen Faſern in Betreff der ſubjectiven Erſcheinungen Statt finden muß. Die directen Thätigkeiten der motoriſchen Faſern können nur objective ſein. Fehlen die Muskeln, welche ſich zuſammen-

ziehen ſollen, ſo vermag auch keine bloß gleichſam ſubjective Contraction zu Stande zu kommen. Höchſtens kann ſich das Irritament indirect auf andere Faſern übertragen. Allein dann beginnt eine Reihe von Erſcheinungen complicirterer Natur, deren Erörterung in die Darſtellung der Nervenphyſiologie gehört.

Die vollkommene Thätigkeit eines jeden Nerven ſetzt nothwendig die 583
Integrität ſeiner Subſtanz voraus. Iſt dieſe in ſeinem ganzen Verlaufe mechaniſch oder chemiſch zerſtört, ſo hört auch alle Wirkſamkeit deſſelben auf. Betrifft die Verletzung dagegen nur eine einzelne Stelle, ſo behalten die in ihrer Miſchung noch unveränderten Fragmente wenigſtens eine Zeit lang ihre urſprüngliche Energie bei. Die Erfolge, welche dann zu Stande kommen, laſſen ſich aus der allgemeinen Natur der einzelnen Nervenfaſern leicht herleiten. Geſetzt, wir hätten eine Nervenprimitivfaſer c p, c ſtelle ihr centrales, p ihr peripheriſches Ende dar, und ſie ſei in a d b durchſchnitten worden. Beſitzt ſie nun eine centripetale, d. h. eine ſenſuelle oder ſenſible Energie, ſo wird ein Reiz, der zwiſchen d und c angebracht iſt, bis nach c fortgeleitet werden und hier ſeinen ſubjectiven Sinnes- oder Schmerzenseindruck hervorrufen. Trifft dagegen das Irritament zwiſchen d und p, ſo bleibt das Ganze wirkungslos, da der Weg zwiſchen p und c durch a d b unterbrochen iſt. Wenn wir z. B. den Sehnerven bei ſeinem Eintritt in die Augenhöhle durchſchnitten haben, ſo wird eine mechaniſche oder chemiſche Reizung des Chiasma ſubjective Lichterſcheinungen erzeugen, ein Angriff des Sehnerven bei ſeiner Einpflanzung in den Augapfel dagegen erfolglos bleiben. Aus demſelben Grunde muß die Reizung des nach ſeinem Austritte aus dem Unteraugenhöhlenloche durchſchnittenen N. infraorbitalis am Geſichte aller Wirkung entbehren, während Irritation des Stammes in dem Unteraugenhöhlenkanale die heftigſten Schmerzensempfindungen nach ſich zieht. Das Umgekehrte wird bei einem motoriſchen Nerven der Fall ſein. Trifft das Irritament den centralen Abſchnitt c d, ſo bleibt alle Wirkung aus, weil die in der Richtung c p fortgehende Leitung bei d unterbrochen iſt. Dagegen kommt der Erfolg, ſowie der Reiz in dem peripheriſchen Fragmente d p angebracht wird, auf der Stelle zum Vorſchein. Haben wir z. B. den Antlitznerven nach ſeinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum durchſchnitten, ſo wird ſeine Reizung im Fallopiſchen Kanale die Geſichtsmuskeln aus ihrer Ruhe nicht ſtören, während die heftigſten Zuckungen nach Quetſchungen des Gänſefußes auftreten. Bei einem aus ſenſiblen und motoriſchen Nervenfaſern gemiſchten Nerven werden ſich beiderlei Seiten des Geſetzes zugleich kund geben. Nach Affection des centralen Abſchnittes müſſen Schmerzen, aber keine directen Muskelzuckungen, nach der des peripheriſchen Theiles entſprechende Krämpfe und keine Schmerzen erzeugt werden.

Fig. 1.

Die oben erwähnten Grundgeſetze der Nerventhätigkeiten mußten vorausgeſchickt werden, weil ohne ſie viele der ſpeciellen Erſcheinungen der Bewegungen und der Sinneswahrnehmungen nicht verſtanden werden können. Wollte man aber deshalb die Dar-

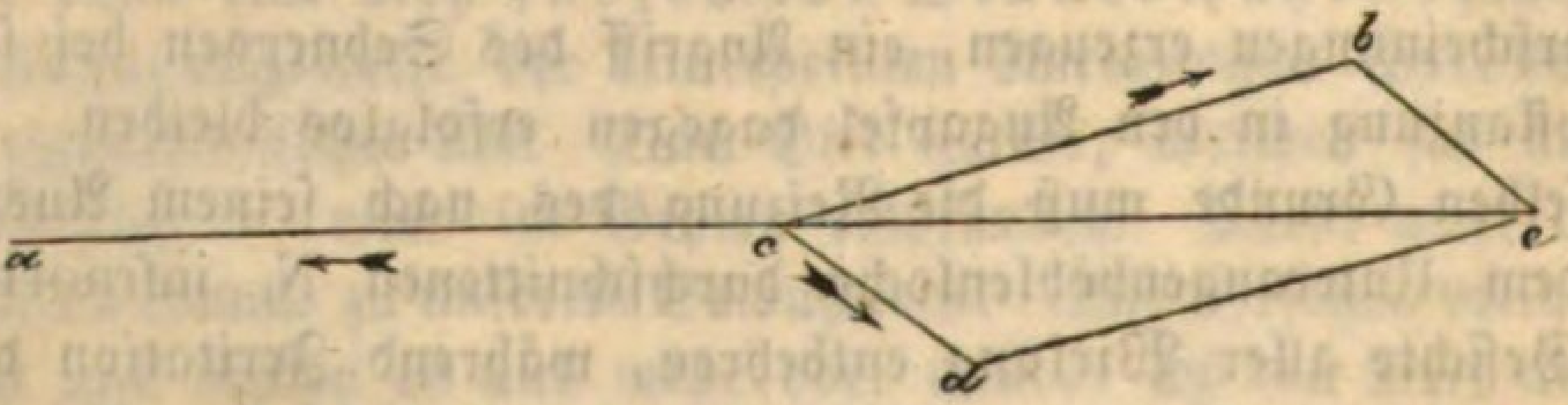
ſtellung dieſer Functionen erſt nach der Auseinanderſetzung der Nervenphyſiologie behandeln, ſo würde man ſich nothwendig einer größeren Reihe von Wiederholungen als in dem umgekehrten Falle ausſetzen.

Bewegung.

584 Ein Körper befindet ſich in Ruhe, wenn zwei gleiche, aber entgegengeſetzt gerichtete Kräfte, von denen jede allein ſeinen Ort verändern würde, auf ſeine Geſammtmaſſe einwirken. Denken wir uns die Molecule einer Subſtanz in den Angriffspunkt c vereinigt, ſo wird dieſer an ſeinem Platze verharren, wenn ihn eine Kraft ca in der Richtung von c nach a und eine ihr gleiche cb in der Direction von c nach b zu führen ſucht. Die einander entgegenſtrebenden wirkſamen Kräfte müſſen ſich aufheben und das Bewegungsreſultat wird gleich Null werden. Da wir nun aber je zwei Kräfte als zuſammenſetzende oder Componenten betrachten und aus ihnen nach dem Geſetze des Parallelogrammes der Kräfte die einfache Mittelkraft oder die Reſultirende beſtimmen können, ſo wird das Verhältniß das Gleiche bleiben, wenn mehrere Kräfte in verſchiedenen Richtungen auf einen Körper einwirken und nur die Reſultirenden der einander widerſtrebenden Bewegungen gleich und vollkommen entgegengeſetzt ſind. Wirken z. B. auf den Angriffspunkt c die Kräfte ca in der Richtung von

Fig. 2.

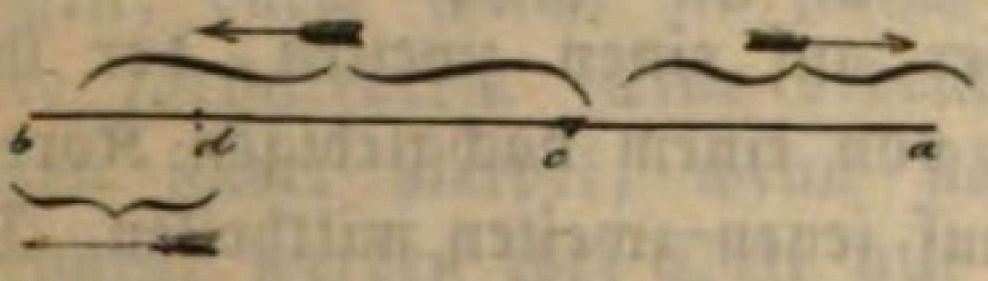
Fig. 3.



c nach a, cb in der von c nach b und cd in der von c nach d, ſo können wir, wenn wir das Parallelogramm cbed conſtruiren, die Reſultirende von cb und cd als ce betrachten. Denn geſetzt, die Kraft cb wirke allein, ſo wird ſie den Angriffspunkt c in einer beſtimmten Zeiteinheit, z. B. in einer Secunde, von c nach b führen. Durch die Kraft cd würde er in derſelben Zeiteinheit von c nach d oder, was daſſelbe iſt, von b nach e gebracht. Denken wir uns daher, daß beide Kräfte in zwei ſucceſſiven Zeiteinheiten wirken, ſo müßte der Angriffspunkt die Bahn cbe beſchreiben, und er würde am Ende der zweiten Secunde in e anlangen. Wirken aber beide Kräfte gleichzeitig, ſo muß offenbar das gleiche Reſultat ſchon für eine Secunde Statt finden, d. h. der Punkt c wird weder in cb noch in cd, ſondern, da das Verhältniß der beiden Kräfte cb und cd in allen Zeittheilchen das Gleiche bleibt, in ce dahingehen. Iſt nun aber wiederum die Reſultirende ce der anderen Kraft ca gleich und entgegengeſetzt, ſo muß der Angriffspunkt in Ruhe bleiben. Auf ähnliche Weiſe läßt ſich die Aufgabe zerlegen, wenn mehr als drei Kräfte in verſchiedenartigen Richtungen arbeiten.

Sind aber die beiden einander entgegengeſetzten Kräfte ungleich, ſo 585
wird der Angriffspunkt derſelben fortſchreiten und mit einer Kraft, welche der Differenz der größeren und der kleineren gleich iſt, in der Richtung der erſteren bewegt werden. Wirkt z. B. auf c die Kraft ca in der Richtung von c nach a und eine zweite cb in der von c nach b und iſt ca = cd und cb = ca + db, ſo wird, da ſich ca und cd wechſelſeitig aufheben, der Angriffspunkt c mit der Kraft db in der Bahn von c nach b fortgetrieben werden.

Fig. 4.



Da alle Körper in jedem Momente einer Reihe von Kräften ausgeſetzt bleiben, da Keiner von ihnen in irgend einem Augenblicke von dem Einfluſſe von Wirkungen näherer oder entfernterer Subſtanzen befreit iſt, ſo kann auch die Ruhe keine bloße eigenthümliche Beſchaffenheit der Maſſen darſtellen. Sie zeigt vielmehr zugleich an, daß die verſchiedenen, aber entgegengeſetzten Kräfte, welche auf den Körper gleichzeitig wirken, einander das Gleichgewicht halten. Bewegung dagegen iſt immer der Ausdruck der Störung des Aequilibers.

Für das Reſultat der letzteren iſt es vollkommen gleichgültig, aus 586
welcher Urſache die einwirkenden Kräfte hervorgehen, ob dieſe z. B. auf einer eigenthümlichen Anziehung oder Abſtoßung, auf Anprallen des einen und Widerſtand des anderen Körpers u. dgl. beruhen. Nur das Quantum der Wirkung kommt in dieſer Hinſicht in Betracht. Selbſt die Geſchwindigkeit und die Maſſe der bewegenden oder bewegten Subſtanz iſt, wenn man von Elaſticitätsgraden, den Reibungswiderſtänden und anderen Nebenverhältniſſen abſieht, nur inſofern von Bedeutung, als ſie das Quantum von Kraft verändert oder vertheilt, erhöht oder vermindert. Die Kraft ſelbſt aber wird durch die Größe der Bewegung, d. h. durch das Product der Maſſe und der Geſchwindigkeit gemeſſen. Eine und dieſelbe Kraft z. B. wird, wenn die acceſſoriſchen Widerſtände die gleichen bleiben, einen 4 Grm. ſchweren Körper z. B. 3 Meter weit oder eine 2 Grm. ſchwere Subſtanz 6 Meter weit fortführen, weil $4 \times 3 = 2 \times 6$ iſt. Dieſes vorausgeſetzt, können die organiſchen Bewegungseinrichtungen die Kraftgrößen eben ſo wenig, als die Maſchinen vermehren. Sie ſind nur im Stande, die durch ihre wirkenden Elemente hervorgebrachten Kraftquanta auf eine ſehr zweckmäßige Weiſe in Maſſe und Geſchwindigkeit zu vertheilen.

Die Endurſachen aller unorganiſchen Bewegungen laſſen 587
ſich auf phyſikaliſche und chemiſche Anziehungs- und Abſtoßungserſcheinungen zurückführen. Wenn wir z. B. einen emporgehaltenen Stein fallen laſſen, ſo ſinkt er ſo zu Boden, daß er die Horizontalebene des letzteren perpendiculär trifft, weil ihn die Schwere nach dem Mittelpunkte des Erdkörpers zu führen ſucht. Er geht ſo in der Verlängerung des Radius der Erde hinab und gelangt auf den Erdboden in der Peripherie der Kugel oder, wenn wir uns den Erdtheil eben denken, in dem Berührungspunkte der Tangente. Wenn wir ein Capillarröhrchen von Glas in ein Gefäß mit Waſſer tauchen, ſo ſteigt die Flüſſigkeit empor, weil ihre Molecule

von denen der Wandung mit einer ſtärkeren als ihrer Gravitationskraft angezogen werden.

588 Da aber der Raum nirgends leer iſt, ſo müſſen andere Körper bei allen dieſen Bewegungserſcheinungen verdrängt, d. h. einer Stoßbewegung ausgeſetzt werden. Nur wenn ſie, was jedoch nie vollkommen Statt findet, abſolut nachgeben, kann die Anziehungsbewegung ungeſchmälert vor ſich gehen. Trifft dagegen ein ſtoßender Körper auf einen zweiten, der ihm Widerſtand leiſtet, der aber ſelbſt wieder von einem nachgiebigen Körper umgeben wird, ſo muß ſich die Bewegung auf jenen zweiten mittheilen. Da ſich hierdurch die Kraftgröße nicht ändert, ſo läßt ſich nach dem oben Angeführten leicht beurtheilen, was die Folge dieſes Verhältniſſes ſein müſſe. Geſetzt, eine Kugel von a Grm. ſtößt mit einer Geſchwindigkeit c auf eine Kugel von b Grm., ſo wird ihre Kraft im Momente des Anſtoßens $= m = ac$ ſein. Da nun dieſe dieſelbe bleibt, die Maſſen dagegen bei der Bewegung beider Kugeln $a + b$ werden, ſo muß dann die ſpätere Schnelligkeit d kleiner ausfallen. Denn m wird jetzt $= (a + b)\,d$. Folglich $ac = (a + b)\,d$ und $d = \frac{ac}{a + b}$. Iſt z. B. $a = b$, ſo haben wir $d = \frac{c}{2}$, d. h. wenn eine Kugel eine zweite von gleicher Maſſe und gleichem Gewichte in Bewegung ſetzt, ſo wird, unter Vorausſetzung derſelben Nebenwiderſtände, die Bewegung beider Kugeln die halbe Geſchwindigkeit des Laufes der anſtoßenden Kugel darbieten.

589 Die chemiſche Anziehungsbewegung unterſcheidet ſich, wie wir uns wenigſtens vorſtellen müſſen, von der mechaniſchen dadurch, daß ſich hier die Atome nicht bloß von dem Orte verdrängen, ſondern auch wechſelſeitig durchdringen oder mindeſtens beharrlicher an einander haften. Denn offenbar befinden ſich z. B. die Molecule des Kali, welches in Waſſer aufgelöſt worden, nicht mehr in denſelben Verhältniſſen, wie in dem feſten Kali; die der Schwefelſäure in dem ſchwefelſauren Natron erſcheinen nicht mehr als die gleichen, wie in der freien Schwefelſäure. Allein eine klare Anſchauung der atomiſtiſchen Verhältniſſe der Auflöſungen und der chemiſchen Vereinigungen wird ſo lange mangeln, als die Chemie einer höheren mathematiſchen Begründung entbehrt, als ſie immer noch in Form einer aus vielen empiriſchen Einzelnheiten zuſammengeſetzten Wiſſenſchaft auftritt.

590 Eine eigenthümliche unter ſtarken mikroſkopiſchen Vergrößerungen wahrnehmbare Erſcheinung führte wenigſtens eine Reihe von Forſchern zu der Annahme, daß eine beſondere Art von mechaniſchen Bewegungen dann eintreten könne, wenn eine Flüſſigkeit auf gewiſſe in ihr enthaltene kleine Körper eine Anziehung ausübe, in jedem Augenblicke aber durch den Widerſtand dieſer Molecule an der vollſtändigen Ueberwindung, an der chemiſchen Auflöſung derſelben gehindert werde. Wie ſchon ältere Forſcher, z. B. Gleichen, und ſpäter Gruithuiſen bemerkten, Robert Brown [1])

---

[1]) Robert Brown's vermischte botanische Schriften, herausgegeben von C. G. Nees von Esenbeck. Bd. IV. Nürnberg, 1830. 8. 141—64.

aber zuerſt ausführlich verfolgte, zeigen ſehr kleine Atome feſter Subſtanzen, welche in einer Flüſſigkeit ſuſpendirt ſind, ein fortwährendes Rotiren und Oscilliren, welches man mit dem Namen der Brownſchen Molecularbewegung bezeichnet. Die Partikelchen drehen ſich um eine ihrer Achſen, heben und ſenken ſich, ſchwanken hin und her, oder beſchreiben kleine Bogen, durch welche ſie jedoch bald wieder ungefähr zu ihrem früheren Orte zurückkehren. Eine bedeutende Aenderung der Stelle ihres Aufenthaltes findet hierbei, wenn ſtärkere Strömungen fehlen, ſelten Statt. Vielmehr werden ihre Orte nur in einem abſolut beſchränkten, in Verhältniß zur Kleinheit aber beträchtlichen Raume gewechſelt. Sehr deutlich ſieht man z. B. dieſe Erſcheinung, wenn man feines Pulver von Aſa fötida, die kleinſten Kalkkryſtällchen oder die Molecule des ſchwarzen Pigmentes des Menſchen und der Thiere, die kleinſten Dotterkörnchen u. dgl. unter Waſſer mikroſkopiſch beobachtet. Allein eben ſo wenig, als dieſes Phänomen für eine beſondere Lebendigkeit der kleinen Partikeln zeugt, treten auch hier beſondere Anziehungserſcheinungen hervor. Wahrſcheinlicher Weiſe reduciren ſich alle Bewegungen, welche hier zu Stande kommen, auf Nebenbedingungen, welche in Folge des Temperaturwechſels, der Gravitationswirkungen oder anderer Momente derſelben erzeugt werden.

Prüfen wir zunächſt die Verhältniſſe an Moleculen, welche in dem thieriſchen Organismus ſchon vorgebildet exiſtiren, genauer. Rühren wir z. B. einen Waſſertropfen mit der in den Kalkſäckchen der Fröſche enthaltenen milchigten Flüſſigkeit zuſammen, bedecken das Ganze mit einem dünnen Glasplättchen und unterſuchen daſſelbe unter einer Durchmeſſervergrößerung von 250 bis 500, ſo finden wir, daß die größeren Kryſtalle, wenn keine Strömung der Flüſſigkeit mehr vorhanden iſt, vollkommen ruhig liegen, während die kleineren und kleinſten in fortwährender Bewegung begriffen ſind, ohne jedoch merklichere Raumſtrecken zu durchlaufen. Bald nämlich wälzen ſie ſich um ihre kürzere oder längere oder ſchiefe Achſe herum. Bald beſchreiben ſie mit ihrer einen Endſpitze einen Kreis, deſſen Mittelpunkt die andere Endſpitze des Kryſtalles darſtellt. Oder nur die eine Endſpitze geht in einem natürlich kleineren Kreiſe herum, während die andere fir zu bleiben ſcheint oder ſich in geringerem Grade bewegt. Bald hingegen rückt ein Kryſtällchen, indem es ſich zugleich mannichfaltig wälzt, eine kurze Strecke weit fort, verweilt hier eine Zeit lang oder kehrt auch wohl in die Gegend ſeines früheren Ortes zurück. Bisweilen ſcheint es auch mit ſeiner ganzen Maſſe einen vollkommenen Kreis zu beſchreiben oder in einer Spiralwindung, die ſich immer in derſelben Raumgrenze hält, zu bewegen. Dadurch, daß auf dieſe Art freilich nicht unmittelbar ſichtliche Wellenbewegungen der Flüſſigkeit entſtehen und ſo benachbarte Kryſtällchen auf einander einwirken, kommt es nicht ſelten zu auffallenderen progreſſiven Schwankungen, welche ſogar bei nicht genauer Beobachtung den Schein von Willkür anzunehmen im Stande ſind. Immer aber bildet die Drehung das vorzüglichſte und häufigſte Phänomen. Natürlicher Weiſe fällt hierbei die Rotation um die von einer Endſpitze zur anderen gehende längere Achſe der Kryſtällchen, die meiſt ſechsſeitige Säulchen mit drei- bis ſechsfacher Endzuſpitzung darſtellen, eher in die Augen, als die um die Querachſen, welche ſich von einer Seitenkante oder einer Seitenfläche zur anderen erſtrecken. Wird ein mittelgroßer Kryſtall von zahlreichen kleineren, welche in Brown'ſcher Molecularbewegung begriffen ſind, umgeben, ſo geräth er ebenfalls leicht in Oscillation. Dieſe hat wahrſcheinlich in der Summation der Wellen, welche durch die kleinen Molecule erregt werden, ihre Urſache.

Die kleinſten, in fortwährender Molecularbewegung begriffenen Kryſtalle meſſen ungefähr 0''',0006 oder $\frac{1}{20000}$ par. Zoll oder 0,001354 Millimeter. Jedoch bleiben auch häufig Kryſtällchen, deren längere Achſe das Doppelte bis Dreifache der genannten Größe und ſelbſt mehr beträgt, in anhaltender Oscillation. Kryſtalle mit einer Längenachſe

von 0''',0033 oder ungefähr $\frac{1}{3700}$ pariſer Zoll oder 0,007444 Millimeter zeigen nur ſelten Schwankungen, und dieſe ſcheinen meiſt bloß durch benachbarte kleinere Molecule auf die oben erwähnte Weiſe mitgetheilt zu werden. Kryſtalle endlich der größten Art, z. B. ſolche, deren längſte Achſe 0''',0066 oder ungefähr $\frac{1}{1800}$ pariſer Zoll oder 0,014888 Millimeter beträgt, bleiben in jedem Falle, wenn keine Strömung Statt findet, ruhig liegen. Uebrigens iſt es bei einiger Uebung leicht, die ſtärkeren Stromsbewegungen von den molecularen zu unterſcheiden, ja die letzteren noch innerhalb der erſteren zu erkennen.

Bei der Kleinheit und Gleichförmigkeit der Molecule des ſchwarzen Pigmentes fällt häufig auf den erſten Blick die progreſſive Bewegung derſelben eher als die der Drehung um ihre Achſe in die Augen. Die Körperchen ſcheinen mehr zu tanzen, ſich geradlinigt oder bogig fortzubewegen und nicht ſelten dann in retrograder Richtung zur Gegend ihres früheren Ortes zurückzukehren. Allein bei genauerer Betrachtung bemerkt man bald auch hier ſehr beſtimmt die Rotationen, welche auch bei dieſen Theilen vorkommen. Am beſten eignen ſich zu ſolchen Erfahrungen die länglich runden Pigmentkörperchen, die dann oft ihr vorderes Ende nach hinten oder umgekehrt wenden, oder ſich abwechſelnd nach einer oder der anderen Seite, nach oben oder nach unten neigen. Bisweilen ſcheinen vorzüglich ſolche Atome, welche in der Nähe von anderen liegen, in Oscillation zu gerathen. Jedoch ſieht man auch, vorzüglich wenn das Phänomen ſchwächer iſt, einzelne ſchwanken, während andere ruhen. In manchen Fällen hat es bei flüchtiger Betrachtung das Anſehen, als wenn zwei Körperchen zuſammengingen und ſich dann wieder von einander entfernten. Allein eine genauere Beobachtung lehrt, daß dieſer Fall wenigſtens meiſtentheils darin ſeinen Grund hat, daß ein Molecul in einem tieferen Niveau des Waſſers unter ein höheres hinwegſchwimmt und auf dieſe Weiſe momentan, theilweiſe oder gänzlich, verdeckt wird. Ueberhaupt durchkreuzen einander die Bahnen verſchiedener Körperchen auf die mannichfachſte Art. Die Bewegung ſelbſt tritt im Allgemeinen lebhafter hervor, wenn eine größere Anzahl von Atomen in einem kleineren Raume zuſammengedrängt iſt. Jedoch dürfen ſie dann nicht in bedeutenderer Menge an einander haften. In dieſem Falle fehlt jede Oscillation. Alle dieſe Erſcheinungen kehren übrigens in ähnlicher Weiſe bei den kleinſten Körnchen des Dotters und anderer thieriſchen Subſtanzen, bei den feinſten Moleculen der Kohle, des Rußes, des Gummigutti, der Aſa fötida u. dgl. wieder.

Häufig bleiben die Körperchen trotz aller Bewegungen in einem beſchränkten Raume. Oft dagegen gehen ſie in ſehr langſam durchſchrittenen Bahnen in einer beſtimmten Richtung vorwärts. Um dieſes deutlich wahrzunehmen, iſt bisweilen eine anhaltende Beobachtung deſſelben Moleculs während mehrerer Minuten nothwendig. Man ſieht dann deutlich, wie es ſich z. B. von einer ſchwachen Strömung geleitet von dem Faden des Mikrometers immer mehr in einer beſtimmten Direction entfernt.

Befindet ſich das Pigment in anderen Medien, ſo läßt ſich nur dann ein ganz ſicheres Urtheil fällen, wenn man Molecularbewegung deutlich wahrnimmt. Jede negative Erfahrung dagegen bleibt mehr oder minder problematiſch. Denn oft vibriren die Theilchen im Anfange und ſtehen ſpäter ſtill, oder umgekehrt. So z. B. ſchienen mir verdünnte Salzſäure, Eſſigſäure, Kleeſäure, Chromſäure, eine Auflöſung von kauſtiſchem Kali oder kohlenſaurem Ammoniak, eine vollſtändig geſättigte Solution von Kochſalz und Weingeiſt die Oscillationen nicht im Geringſten zu verändern. In concentrirter Salpeterſäure dagegen, welche das Pigment gelb färbte und die Entwickelung von Luftblaſen anregte, ſchien die Oscillation bedeutend ſchwächer zu ſein. Noch mehr war dieſes in deſtillirter Schwefelſäure der Fall, indem man hier nur ſehr ſelten ein einzelnes Körnchen ſah, welches kaum merkliche Schwankungen darbot. In Baumöl und dickflüſſigem Terpentinöl konnte ich keine Spur von Molecularbewegung wahrnehmen. Jedoch darf man zu dieſen letzteren Beobachtungen kein Pigment nehmen, welches ſchon in irgend einem wäſſerigen Fluidum mechaniſch zertheilt iſt, ſondern muß die Farbemaſſe, wie ſie z. B. an den Choroidea des Auges exiſtirt, unter Waſſer abſchaben und zum trocknen Rückſtande verdampfen. Erſt das feine Pulver von dieſem kann mit Baumöl oder dickem Terpentinöl vermengt werden.

Die beiden letzteren Subſtanzen, ſo wie die deſtillirte Schwefelſäure verdanken wahrſcheinlich einen großen Theil ihrer negativen Wirkung ihrer Zähflüſſigkeit. Denn daß

dieſe die Brown'ſche Molecularbewegung hindere, lehrt z. B. folgende Beobachtung. Man nehme ein altes von Fäulniß ſchon ſehr angegriffenes Auge eines Menſchen oder Säugethieres, iſolire einzelne braun gefärbte Stückchen der ſchleimig gewordenen Choroidea, zerdrücke ſie zwiſchen zwei Glasplatten und unterſuche ſie mikroſkopiſch. Man wird dann finden, daß diejenigen Molecule, welche in der zähflüſſigen Zerſetzungsmaſſe maſſe der Choroidea enthalten ſind, meiſtentheils gar nicht oscilliren, während diejenigen, welche in dem dünneren Fluidum ſuſpendirt erſcheinen, die lebhafteſte Brown'ſche Bewegung darbieten. Dieſe zeigt ſich auch nur ſehr ſelten, ſo lange noch die Pigmentatome von ihren Zellen vollſtändig eingeſchloſſen werden, weil hier dem Eindringen des Waſſers ein geringerer Spielraum gegeben iſt. Die Pigmentkörperchen des Embryo der Krebſe, die Moleculargebilde des Eies des letzteren und der Fröſche dagegen zittern, wenn ſie mit Waſſer in Berührung kommen, noch innerhalb ihrer Zellen auf das Lebhafteſte, weil das neben ihnen enthaltene Eiweiß die aufgelöſte Flüſſigkeit einſaugt. Unter Oel, wo dieſes Verhältniß wegfällt, bleiben auch die Bewegungen aus (Rathke) [1]).

Die Geſchwindigkeit der Molecularbewegung läßt ſich auf keine Weiſe genau ermitteln. Denn einerſeits oscilliren die verſchiedenen Körperchen mit ungleicher Schnelligkeit und anderſeits durchlaufen ſie nicht ſelten einen Theil ihrer Bahn raſcher, einen anderen langſamer. Ueberdies iſt die letztere häufig krummlinig und bald ſchief nach oben oder unten gerichtet, ſo daß, abgeſehen von der Schwierigkeit der Zeitbeſtimmung, eine exacte mikrometriſche Meſſung des durchlaufenen Weges, wenigſtens meiner Ueberzeugung nach, zu den Unmöglichkeiten gehört. Um mir jedoch nach vielen vergeblichen Verſuchen einen Schätzungswerth der Langſamkeit dieſer Oscillationen zu verſchaffen, bediente ich mich folgender Methode. Ueber der Glühlampe wurde ein etwas plattes gläſernes Capillarröhrchen ausgezogen. Dasjenige z. B., welches zu den bald zu erwähnenden Meſſungen diente, hatte einen Diameter von 0''',085. Hiervon kamen auf die eine Seitenwand 0''',011, auf die andere 0''',020 und auf das Lumen 0''',054. Nun ſtellt man daſſelbe in Waſſer, in welchem etwas Pigment eingerührt worden und läßt die Miſchung längs des ganzen Röhrchens emporſteigen. Das Fluidum, welches hierzu gebraucht wird, darf nur ſchwach bräunlich gefärbt ſein, weil es ſonſt die mikroſkopiſche Beobachtung durch ſeine Undurchſichtigkeit ſtören würde. Man ſchmilzt alsdann die beiden Enden der Capillarröhre zu. Hierbei geht etwas Waſſer als Dampf davon. Bisweilen wird auch durch den Druck der letzteren das Glas blaſig ausgedehnt und zum Berſten gebracht. Man muß ſich daher unter dem Mikroſkope verſichern, daß ſich in den beiden verſchließenden Endknöpfchen des Röhrchens keine Oeffnung befindet. Auf dieſe Weiſe ſichert man ſich natürlich gegen alle ſtörenden Einwirkungen der Luftſtrömungen und der Verdunſtung. Denn wenn auch der kleine, mit Waſſerdampf geſättigte Luftraum etwas mehr Dünſte bei der Erwärmung aufnimmt, ſo iſt dieſes, wie wir bald ſehen werden, von keiner merklichen Veränderung der Molecularbewegung begleitet. Man läßt hierauf das Röhrchen auf dem Mikrometertiſche des Mikroſkopes ſo lange ruhig liegen, bis keine ſtörende Strömung mehr wahrgenommen wird, hält ſich eine Uhr, deren Schläge man vorher für die Minute beſtimmt hat, an das Ohr und ſucht nun zu ermitteln, welche Diſtanz ein in dem Längenfaden des Mikrometers anfangs befindliches Körperchen während der Zeitdauer eines einfachen oder eines Doppelſchlages durch die Uhr durchläuft. Die Vergrößerung, die ich hierbei gebrauchte, beträgt 340 im Durchmeſſer. Man wird finden, daß man nur zu höchſt ungefähren Reſultaten ſelbſt bei der größten Aufmerkſamkeit gelangt.

Die Uhr, deren ich mich bediente, machte 120 bis 122 Schläge in der Minute. Es ergaben ſich für einen Schlag 0''',0007, 0''',0009, 0''',0009 und 0''',0011 Diſtanz. Bedenken wir nun, daß ſelbſt die genaueſte mikrometriſche Meſſung eine Fehlerquelle von 0''',0003 darbietet, ſo können wir annehmen, daß die Entfernung für eine halbe Secunde ungefähr 0''',001 beträgt. Die Geſchwindigkeit gliche daher für 1 Secunde $\frac{1}{500}$ pariſer Linie oder 0,0045 Millimeter und für 1 Minute $\frac{3}{25}$ Linie oder 0,27 Millimeter. Ein Pigmentmolecul hätte ſich mithin bei den genannten Beobachtungen $\frac{15 \times 144}{0{,}002}$

[1]) **Rathke in Müller's Archiv 1843. S. 367—71.**

= 1080000 Mal langſamer bewegt, als ein Körper in einem luftleeren Raume hinabfällt. Da wir die mittlere Schnelligkeit des Fortſchreitens eines circulirenden Blutkörperchens in den Gefäßen des Froſchfußes zu $1/5$ bis $1/3$ Linie für die Secunde anſchlagen können (§. 368), ſo ergäbe ſich hieraus, daß es ſich circa 100 bis 166 Mal ſo raſch bewegt als ein Brown'ſches Molecul. Dieſes würde, wenn es mit gleicher Geſchwindigkeit gerade fortginge, die Länge einer Linie in 8,33 Minuten, die eines Zolles in 1 Stunde 59,40 Minuten und die eines Fußes in 19 Stunden 59,52 Minuten durchlaufen.

Während die Brown'ſche Molecularbewegung den Phyſiologen ſehr geläufig iſt, haben ſie bis jetzt die Phyſiker ſehr wenig unterſucht. Offenbar liegt der Grund darin, daß man das ganze Phänomen als die Folge einer Reihe von gewöhnlichen phyſikaliſchen Nebenbedingungen anſehen zu können glaubte. Nach Muncke [1]) ſollen die vorzüglichſten Urſachen derſelben die ungleiche Temperatur des durch den Spiegel des Mikroſkopes ſtark erleuchteten Waſſers, die Verdampfung des letzteren, Luftzug und Wärmeſtrömung darſtellen. Da aber die Erſcheinung in den oben erwähnten zugeſchmolzenen Glasröhren fortdauert, ſo ergiebt ſich von ſelbſt, daß ſie nicht bloß durch Luftzug oder Verdunſtung hervorgerufen werden kann. Zieht man auch ein ſolches Röhrchen ein oder mehrere Male durch die Weingeiſtflamme hindurch, ſo daß die Temperatur des Luftraumes erhöht wird, ſo entſteht bisweilen eine wahrnehmbare Verſtärkung der Brown'ſchen Molecularbewegung. Am Schwierigſten, ja faſt unmöglich dagegen iſt es, ſich über die Einflüſſe der ungleichen Erwärmung der Flüſſigkeitsſchichten und der Störungen des Gleichgewichtes derſelben genaueren Aufſchluß zu verſchaffen. Gröbere Schwankungen des Aequiliber erzeugen ſtärkere Strömungen, in und von welchen die Brown'ſche Molecularbewegung bei einiger Uebung unterſchieden werden kann. Daß dieſe auch nicht von größeren Einflüſſen der Art herrühre, lehrt folgender Verſuch. Man ſtelle den Tiſch, auf welchem das Mikroſkop ſich befindet, ſo feſt als möglich und bringe ein mit Waſſer und ſchwarzem Pigment gefülltes Röhrchen in den Focus deſſelben. Nun laſſe man das Ganze in einem ruhigen Zimmer unberührt und beobachte es mit möglichſter Vermeidung allen Stoßes nach mehreren Stunden. Haben ſich die Pigmentmolecule nicht zu Boden geſenkt, ſo wird man ſie noch zitternd antreffen. Wenigſtens machte ich dieſe Erfahrung, nachdem der ganze Apparat von Morgens 12 Uhr bis Nachmittags 3 Uhr, und in einem zweiten Falle von Abends 10 Uhr bis Morgens 6 Uhr geſtanden hatte. Ebenſo ändern ſich die Erſcheinungen mindeſtens häufig auf keine weſentliche Weiſe, man möge das Object durch Tageslicht ſtärker oder ſchwächer oder durch die Kerzenflamme beleuchten.

Dagegen wäre es wohl möglich, daß das Zittern durch andere unbedeutende äußere Verhältniſſe entſtünde. Bekanntlich wird ein genaues Beobachten aſtronomiſcher Gegenſtände in einem gewöhnlichen, an einer irgend lebhaften Straße gelegenen Hauſe wegen des fortwährenden Vibrirens der Gegenſtände unmöglich. Schon der eigene Pulsſchlag des Beobachters könnte Strömungen erzeugen, welche ſich in jener äußerſt langſamen Bewegung der Molecule plaſtiſch darſtellen. Eben ſo muß von ihm Wärme ausſtrahlen und der unterſuchte Gegenſtand ungleich temperirt werden, obgleich gerade gegen dieſes Moment der angeführte Verſuch des Durchziehens durch die Lichtflamme zu ſprechen ſcheint. Höchſt wahrſcheinlicher Weiſe rühren die oben erwähnten bedeutenderen Ortsveränderungen von ſolchen kleinen Gleichgewichtsſtörungen, von ſolchen Minimalſtrömungen her. Sie fehlen auch in zähflüſſigeren Subſtanzen, deren Widerſtand die Größe der anregenden Kraft überwindet, oder ſobald ſich die Molecule an einen feſten Körper, z. B. die Wandung des Glasröhrchens, angelegt haben. Ob ſie jedoch die alleinige Urſache darſtellen, ob nicht Adhäſions- oder andere Anziehungs- und Abſtoßungserſcheinungen mitwirken, bedarf noch genauerer Beobachtungen. Denn auffallend bleibt es immer, weshalb z. B. kleine Kochſalzmolecule in einer geſättigten Kochſalzauflöſung nicht oscilliren, aus welchem Grunde, wenigſtens nach den Erfahrungen von Rob. Brown, in Waſſer lösliche Salze überhaupt die Erſcheinung nicht zeigen. Sie tritt dagegen bei ſolchen Körpern, welche ſich in dem umgebenden flüſſigen Medium nicht löſen, zu ihm aber eine

---

[1]) G. Th. Fechner Repertorium der Experimentalphyſik, enthaltend eine vollſtändige Zuſammenſtellung der neueren Fortſchritte dieſer Wiſſenſchaft. Bd. I. Leipzig, 1832. 8. S. 12. 13.

gewiſſe Anziehung haben, lebhaft hervor. Sollten daher nicht jene mechaniſchen Verhältniſſe das Zittern erzeugen, ſo könnte man ſich möglicherweiſe denken, daß eine Anziehung in Art einer Centrifugal-, die Trägheit der Molecule dagegen in der Weiſe einer Centripetalkraft wirkte und daß die Oscillation die Reſultirende dieſer beiden zuſammenſetzenden Effecte darſtellt. Von einer Lebendigkeit der kleinſten Molecule aber kann nicht die Rede ſein. Nach dem gegenwärtigen Stande unſeres Wiſſens hat jedoch jene mechaniſche Vorſtellung, welche ſecundäre unmerkliche Gleichgewichtsſtörungen und Strömungen der Flüſſigkeit vorausgeſetzt, das Meiſte für ſich.

Natürlicher Weiſe finden ſich in den Organismen zahlreiche phyſikaliſche und chemiſche Bewegungen, welche mit denen der unorganiſchen Natur übereinſtimmen. Außerdem aber treten in ihnen und zwar vorzüglich bei den Thieren eine Reihe von Bewegungsphänomenen auf, deren Endurſachen uns noch gänzlich unbekannt ſind. Einzelne Gewebe nämlich beſitzen die Fähigkeit, ihren Moleculen zu gewiſſen Zeiten eine andere Stellung zu geben und hierdurch ihre Dimenſionen in einer beſtimmten Richtung zu verändern. Die Theile, welchen dieſe Eigenthümlichkeit zukommt, verkürzen und verlängern ſich daher abwechſelnd, oder ſie contrahiren ſich und erſchlaffen. Hierbei müſſen ſie auf andere Gewebtheile, mit denen ſie dicht verbunden ſind, einwirken und deren Ort verändern. Man nennt daher diejenigen Organe, welche durch die Variation der Stellung ihrer Atome eine Ortsveränderung anderer Elemente anregen, active, diejenigen dagegen, welche durch dieſe gezogen werden, paſſive Bewegungsorgane. Die Eigenſchaft organiſcher Theile, die Poſition ihrer Molecule zu verrücken, heißt Zuſammenziehungsfähigkeit, Contractilität. Sie bildet die Folge gewiſſer äußerer Reize, welche die lebenden hierher gehörenden Gewebtheile entweder mittelbar oder unmittelbar treffen. Die Fähigkeit, auf ſolche Anregungen durch eine veränderte Stellung der Atome zu antworten, führt den Namen der Reizbarkeit, der Reizempfänglichkeit, der Irritabilität. Man ſieht hieraus, daß man hier für die Anregungsfähigkeit der eigenthümlichen Energie der contractilen Gewebe dieſelben Ausdrücke, wie für die der ſpeciellen Thätigkeit der ſpecifiſchen Nervenfaſern gebraucht. 591

Die Unterſuchung der Contractilitätserſcheinungen muß hiernach eine doppelte ſein. Entweder ſtudiren wir nämlich nur die Phänomene der Zuſammenziehung, ohne Rückſicht auf die Detailwirkungen, welche durch ſie an einer beſtimmten Stelle des thieriſchen und menſchlichen Körpers hervorgebracht werden. Wir prüfen dann die allgemeinen Erſcheinungen der Contractilität. Oder wir erläutern die ſpeciellen Wirkungen, welche die contractilen Elemente bei ihrer Zuſammenziehung oder Erſchlaffung in einem gewiſſen Theile der Thiere oder des Menſchen hervorrufen. Hiernach werden wir nun zuvörderſt mit den Elementarbewegungen beginnen und uns alsdann mit den Specialbewegungen des Menſchen beſchäftigen. 592

Elementarbewegungen.

Wenn auch das Nervenſyſtem den Haupterreger vieler Contractilitätserſcheinungen darſtellt, ſo folgt hieraus doch noch nicht, daß die Irritabi- 593

lität nothwendiger Weiſe immer an den Nerveneinfluß als ihre Grundbedingung geknüpft ſei. Im Gegentheil haben wir in den Organismen eine Reihe von Bewegungsphänomenen, welche unzweifelhaft dem Nervenſyſteme nicht gehorchen. Hierher gehören zunächſt alle Reizbarkeitsäußerungen, welche im Pflanzenreiche vorkommen, und von thieriſchen Thätigkeiten die Flimmerbewegung, die Contractilitätserſcheinungen einzelner Zellen und die Ortsveränderungen der Spermatozoen, wenn man die letzteren nicht als Thiere, ſondern als Gewebeelemente betrachtet. Ob die Zuſammenziehung der Muskelfaſern und der übrigen contractilen Gewebe des Thierkörpers einzig und allein von dem Nervenſyſteme abhänge, ob dieſes die ausſchließliche Grundurſache derſelben ſei oder ob das Nervenprincip nur gleich jedem anderen Reize einwirke, wird in der Folge ſpecieller unterſucht werden.

594 Flimmerbewegung [1]. — Sie entſteht dadurch, daß die an den freien Oberflächen der ſogenannten Flimmerepithelien befindlichen kleinen Härchen oder Läppchen anhaltend ſchwingen. Iſt der mit ihnen verſehene Theil hinreichend befeſtigt, ſo daß er dem durch die Bewegungen der Wimpern oder Cilien ausgeübten Stoße einen überwindenden Widerſtand zu leiſten vermag, ſo kann das Flimmerphänomen nur in dem umgebenden Medium, z. B. dem Schleime, welcher daſſelbe bedeckt, Wellen erregen. Dieſe werden, wenn ſie gleichläufig ſind, eine in einer gewiſſen Richtung dahinlaufende Strömung bedingen. Das Flimmerphänomen erhält auf dieſe Art die Fähigkeit, leichtere und beweglichere Körper längs der Oberfläche des Wimperepithelium fortzuführen oder deren Bewegung zu unterſtützen. Iſt dagegen der flimmernde Theil ſo leicht und ſo wenig befeſtigt, daß er den durch die ſchwingenden Cilien erzeugten Wellen keinen hinreichenden Widerſtand zu leiſten vermag, ſo rotirt er ſelbſt oder folgt der Strömung, welchen ſeine eigenen Flimmerhaare veranlaſſen. Die Flimmerbewegung kann daher auf dieſe Weiſe zu ausgedehnteren Ortsveränderungen ihres Mutterbodens Veranlaſſung geben.

Um die noch in Thätigkeit begriffene Flimmerbewegung wahrzunehmen, dient am einfachſten folgende Methode. Man ſchneidet ein Stückchen der flimmernden Membran eines kurz vorher getödteten Thieres mit möglichſter Schonung ihrer Oberfläche heraus und faltet ſie dergeſtalt, daß der freie umgeſchlagene Rand einen Theil des Flimmerepithelium bildet. Nun befeuchtet man das Ganze mit Waſſer, welches bei warmblütigen Geſchöpfen nicht zu kalt ſein darf, drückt es zwiſchen zwei Glasplättchen leiſe zuſammen und unterſucht es mikroſkopiſch. Um auf dieſe Weiſe die erſten Anſchauungen zu gewinnen, dienen am beſten ein aplanatiſches Ocular und mäßig ſtarke Objective. Auf andere Unterſuchungsmethoden, welche mehr die Erkenntniß mancher Einzelheiten bezwecken, werden wir im Verlaufe der Darſtellung ſelbſt zurückkommen.

Da die Flimmerbewegung der Säugethiere durch äußere Einflüſſe leichter geſtört wird, die weſentlichſten Grundmomente aber bei den Amphibien dieſelben wie bei jenen

[1] Zuſammenſtellungen der hierüber bekannt gewordenen Erfahrungen finden ſich in: Purkinje und Valentin de phaenomeno generali et fundamentali motus vibratorii continui in membranis cum externis, tum internis animalium plurimorum et superiorum et inferiorum ordinum obvio. Commentatio physiologica. Vratislawiae 1835. 4. Sharpey in Todd Cyclopaedia of Anatomy and Physiology. Vol. I. London, 1836. 8. p. 606—638. R. Wagner Handwörterbuch der Phyſiologie mit Rückſicht auf phyſiologiſche Pathologie. Bd. I. Braunſchweig, 1842. 8. S. 484—516.

Geſchöpfen und dem Menſchen ſind, ſo gebraucht man am häufigſten Fröſche, um die allgemeineren Verhältniſſe jenes Phänomens zu ſtudiren.

Die bisherigen Beobachtungen ſcheinen ſämmtlich darauf hinzudeuten, daß das Flimmerphänomen nur in der Thierwelt vorkommt. Kein Pflanzentheil zeigt ſich an ſeinen äußeren oder inneren Oberflächen mit ſchwingenden Cilien beſetzt. Am nächſten ſchien noch die Vermuthung zu liegen, daß der Kreislauf des flüſſigen Inhaltes einzelner Pflanzenzellen, die ſogenannte Zellenſaftrotation, durch Flimmerbewegung bewirkt werde. Allein bis jetzt konnten z. B. an den Innenwänden der Schläuche der Charen, welche jene Strömung in ſo auffallendem Maaße darbieten, keine Härchen irgend einer Art wahrgenommen werden. Nach einer neueren Beobachtung von Unger [1]) würde jedoch auch in dem Gewächsreiche ein Fall vorkommen, bei welchem die Flimmerbewegung eine Rolle ſpielte. Die Sporen der Vaucheria und anderer Conferven zeigen nämlich die Eigenthümlichkeit, daß ſie ſich bei ihrem Austritte aus ihrem Mutterſchlauche und unmittelbar nach jenem ſehr lebhaft drehen, ſpäter dagegen wieder zu Boden fallen und keimen. Die Rotation aber ſoll, nach Unger wenigſtens, durch vibrirende Haare, welche ſich auf der Oberfläche der Sporenkugel befinden, hervorgerufen werden. Allein nach den ferneren Angaben dieſes Forſchers ſcheint dieſes Flimmerphänomen, über deſſen Exiſtenz ich mir bei Mangel eigener Unterſuchungen bis jetzt kein Urtheil erlauben kann, von dem der Thiere abzuweichen. Das letztere nämlich erleidet, wie wir in der Folge ſehen werden, durch die Einwirkung von narcotiſchen Giften, keine Veränderung. Die Flimmerbewegung der Vaucherienſporen dagegen ſoll nach Unger durch wäſſeriges Opiumextract, Morphin und Blauſäure gelähmt worden [2]). Schon dieſe Differenz allein macht eine erneuerte ſpecielle Unterſuchung des Gegenſtandes nothwendig.

In dem menſchlichen Organismus flimmern einzelne Oberflächen des 595
centralen Nervenſyſtemes oder vielmehr der daſſelbe auskleidenden häutigen Bedeckungen, manche Parthieen des Thränenapparates, die Schleimhäute der Naſenhöhle mit den ihrer Nebenhöhlen, die der Luftröhre und der Bronchialverzweigungen der Lungen, der fallopiſchen Röhren und der Gebärmutter, ſo wie wahrſcheinlicher Weiſe einzelne Theile der Nieren.

1) In dem centralen Nervenſyſteme zeigt ſich an dem Ependyma der Höhlungen des großen Gehirnes, ſowohl des mittleren als der Seitenventrikel ein ſehr zartes Flimmerepithelium, deſſen Vibrationen im Erwachſenen nur ſelten wahrgenommen werden können. Häufiger ſieht man die ſtillſtehenden Härchen, welche ſich dann auf ſehr kleinen palliſadenartig neben einander aufgepflanzten Epithelialcylindern befinden. Embryonen des Menſchen oder der Säugethiere aber liefern ziemlich leicht eine Anſchauung dieſer Bewegungserſcheinungen; denn hier erhalten ſie ſich leicht Tage lang nach dem Tode (Purkinje). Eben ſo kann man auch dann ſehr gut wahrnehmen, daß die Oberfläche der Adergeflechte, vorzüglich der Seitenventrikel auf das lebhafteſte flimmert. Um aber das letztere Phänomen deutlich zu beobachten, muß man die Einwirkung reinen Waſſers möglichſt vermeiden, weil dieſes die Flimmerzellen ſehr leicht zerſtört, zum Berſten bringt und unkenntlich macht.

Bei dem Fötus ſetzt ſich bekanntlich das vordere Horn des Seitenventrikels in die Höhlung des Geruchsnerven fort. Hierbei dringt auch zugleich das Flimmerepithelium in dieſe mit ein. Bei denjenigen Säugethieren, bei welchen eine ſolche Bildung das ganze Leben hindurch verbleibt, flimmert auch die Innenfläche des hohlen N. olfactorius.

---

[1]) F. Unger die Pflanze im Momente der Thierwerdung. Wien, 1843. 8. S. 32. 33.
[2]) a. a. O. S. 74. 75 u. 99.

2) Die innere Oberfläche des Thränenſackes und des Thränenganges bietet ein Flimmerepithelium dar. Vielleicht finden ſich auch an der oberen und unteren Augenlidfalte oder ſelbſt an einer Strecke der Bindehaut der Augenlider Epithelialzellen mit ſehr feinen Flimmerhaaren (Henle) [1].

3) In der Naſenhöhle beginnt das Flimmerepithelium kurz über den Naſenöffnungen. Als ungefähre Grenze desſelben kann man eine Linie annehmen, welche man ſich von dem vorderen freien Rande des Naſenbeines nach dem vorderen Naſenſtachel des Oberkiefers gezogen denkt (Henle). Oberhalb dieſer Begrenzung flimmern alle Theile der Naſenſchleimhaut, ſowohl diejenigen, welche die Naſenſcheidewand, als die die Seitenwände, die Muſcheln und das Labyrinth des Geruchsorganes auskleiden. Hier kann Jeder leicht das Phänomen an ſeinen eigenen Epithelialcylindern beobachten, wenn er mit einer zugeſchnittenen Feder oder einem anderen paſſenden Inſtrumente etwas Schleim aus der Höhe der inneren Naſe gewaltſam loskratzt und das Erhaltene unter einem Waſſertropfen mikroſkopiſch unterſucht (E. H. Weber).

Das Flimmerepithelium ſetzt ſich übrigens noch in Nebenhöhlen, welche mit der inneren Naſe in Verbindung ſtehen, fort. Hierher gehören die Stirnhöhlen, die Kieferhöhlen und die Euſtachiſchen Trompeten. Das der letzteren reicht bis zu ihrer Einmündung in die Paukenhöhle oder ſogar noch etwas in dieſe hinein, und erſtreckt ſich anderſeits mehr oder minder auf die Umgebungen der Rachenmündungen der Euſtachiſchen Trompeten. Zu gleicher Zeit flimmern auch hier noch das oberſte blindſackartige Ende des Pharynx und ein Theil der oberen Parthie des weichen Gaumens. Das Wimperepithelium der letzteren Gebilde ſteht mit dem der Naſenhöhle in unmittelbarem Zuſammenhange.

4) Im Kehlkopfe beginnen die Flimmerzellen unter (oder nach Henle bei Neugeborenen auf) der Epiglottis und ſetzen ſich dann durch den Larynx, die Luftröhre, die Bronchi und die Bronchia bis in die Lungenbläschen hinein fort. Daß auch die letzteren das Phänomen noch darbieten, läßt ſich mit Beſtimmtheit wahrnehmen.

5) In den weiblichen Geſchlechtstheilen zeigen ſich zuerſt die Flimmercylinder an den Gebärmuttermundlefzen und dem Halſe des Uterus und verbreiten ſich alsdann von hier aus längs der inneren Oberfläche des letzteren und der Tuben bis zu den gefranzten Enden der Fallopiſchen Röhren. Während aber die bisher genannten Flimmerepithelien nur unter krankhaften Verhältniſſen fehlen, mangeln die der weiblichen Genitalien noch bei neugeborenen Kindern und gehen, wenigſtens in der Gebärmutter, bei jeder monatlichen Reinigung und jeder Schwangerſchaft zu Grunde. In dem letzteren Falle aber ſtellen ſich neue Flimmerelemente binnen Kurzem wiederum her.

Theoretiſch dürfte es nicht unwahrſcheinlich ſein, daß auch die Innenfläche des Samenleiters und vielleicht ſelbſt der Samenblaſen flimmert. Allein

---

[1]) Henle allgemeine Anatomie. Leipzig, 1841. 8. S. 242.

bis jetzt fehlen noch beſtimmte, dieſe Vermuthung näher erhärtende Thatſachen.

6) Nach Bowmann [1]) beſitzen auch die Anfangstheile der Harnkanälchen, welche die Malpighiſchen Körperchen umgeben (§. 492), ein Flimmerepithelium. Ich habe dieſes bis jetzt bei dem Menſchen und dem Pferde nicht deutlich wahrnehmen können. Bei dem Froſche dagegen vermochte ich die Wimperbewegung in dem Innern des Nierenparenchymes deutlich zu beobachten. Endlich

7) Läßt ſich wenigſtens der Analogie nach als wahrſcheinlich annehmen, daß auch der menſchliche Dotter in einer frühen Entwicklungszeit des Eies Flimmerzellen auf ſeiner Oberfläche darbiete und mittelſt derſelben rotire. Wenigſtens hat man dieſe Erſcheinung bei Eiern des Kaninchens, welche noch in ihrem Durchgange durch die Fallopiſche Röhre begriffen waren, beobachtet. Der Discus proligerus war ſchon geſchwunden. Zwiſchen der Zona pellucida und dem Dotter befand ſich ein kleiner mit Flüſſigkeit gefüllter Raum. Die Oberfläche der Vitellinarkugel aber hatte ſehr zarte Flimmerhaare und wurde durch die Schwingungen derſelben fortwährend um ihre Achſe gedreht. Jedoch ſcheint dieſes Wimperepithelium ſehr raſch zu ſchwinden, ſo daß es ſelten gelingt, Eier, welche das Rotationsphänomen darbieten, aufzufinden (Biſchoff) [2]).

Problematiſch bleibt noch die Flimmerbewegung, welche man an der Schleimhaut der dicken Gedärme von Hausſäugethieren angegeben hat (Gruby). Bei dem Menſchen wenigſtens konnte ich hier kein mit Cilien verſehenes Epithelium beobachten. Eben ſo läßt ſich über die Anweſenheit deſſelben in den Nervenfaſern des Menſchen und der Wirbelthiere noch kein hinreichend ſicheres Urtheil fällen. Andere Parthieen, wie z. B. die Schleimhaut der Mundhöhle, die Innenfläche des Trommelfelles, des Herzbeutels, der Kloacke, welche bei einzelnen Reptilien flimmern, bieten dieſe Erſcheinung bei dem Menſchen und den Säugethieren nicht dar.

Unterſucht man den Umſchlagsrand einer Flimmermembran, z. B. der Schleimheit der Mundhöhle des Froſches ſelbſt nur unter einer ſehr ſchwachen Vergrößerung, z. B. von 27 im Durchmeſſer, ſo gewahrt man eine längs deſſelben mit einer ſcheinbaren nicht unbedeutenden Geſchwindigkeit dahin gehende Strömung. Am beſten leiten in dieſer Hinſicht kleine Körperchen, welche in Waſſer ſuſpendirt ſind. Unter ſtärkerer Vergrößerung z. B. einer ſolchen von 250 Mm. Durchmeſſer erſcheint häufig ein wallender heller Streifen, in dem man nicht immer ſogleich die einzelnen Flimmerhaare oder Gruppen derſelben erkennt. Dieſes wird erſt bei einer gewiſſen Langſamkeit der Bewegung möglich. Steht ſie gänzlich ſtill, ſo zeigen ſich die Flimmerhärchen wie feine Palliſaden dicht neben einander. Das Ganze bietet alsdann die in Fig. 5 wiedergegebene Geſtalt dar. a bezeichnet hier die ruhenden Flimmerhaare und b die Epithelialcylinder, auf welchen ſie befeſtigt ſind. Hat aber das Waſſer einige Zeit auf das ſtillſtehende Flimmerepithelium eingewirkt, ſo vergehen die Flimmerhärchen. Es treten die 596

[1]) Philosophical Transactions for the Year 1842. London, 1842. 4. p. 57 fgg.
[2]) Th. L. W. Bischoff Entwickelungsgeschichte des Kanincheneies. Braunschweig, 1842. 4. S. 56.

Fig. 5.

hellen, durch die umgebende Flüſſigkeit noch ferner veränderten Kerne der Epithelialzellen c durch die obere Wand der letzteren hervor und erſcheinen in der Form von milchglasähnlichen Kugeln, welche größtentheils an dem umgeſchlagenen Rande der Membran angehäuft liegen, bisweilen aber auch vereinzelt in dem umgebenden Waſſer herumſchwimmen.

597 Entfernt man das noch in Thätigkeit begriffene Flimmerepithelium durch Abſchaben mit dem Meſſer und rührt die ſchleimige Maſſe mit etwas Waſſer an, ſo findet man häufig ganze Gruppen von Flimmercylindern, deren Härchen noch in lebhaften Schwingungen begriffen ſind. Meiſtentheils beobachtet man ſie dann, wie dieſes auch bei umgeſchlagenen Flimmermembranen nicht ſelten der Fall iſt, von der Fläche aus. Man ſieht daher aus der Vogelperſpective ein fortwährendes Wallen der Härchen, welches bisweilen an die Wellen eines vom Winde bewegten Kornährenfeldes lebhaft erinnert. Nicht ſelten zeigt ſich auf der körnigen Epithelialunterlage eine anhaltend ſchwankende Bewegung der einzelnen ſchon mehr oder minder kenntlichen Härchen. Die meiſten vereinzelt in der Flüſſigkeit vertheilten Epithelialcylinder bieten keine Flimmerbewegung mehr dar. Ja an vielen iſt ſogar der um die Peripherie ihrer oberen Fläche ſonſt angebrachte Haarbeſatz nicht mehr kenntlich. Andere führen dieſen zwar noch; allein die Wimpern ſind ſteif und ausgeſtreckt. Bei noch anderen iſt ſchon ein Theil der Härchen verloren gegangen, während eine fernere Parthie derſelben noch wahrgenommen werden kann. Endlich gewahrt man in manchen Präparaten ganz vereinzelte Zellen, deren Härchen noch lebhaft ſchwingen. Seltener findet ſich der Fall, daß einige Cilien des Epithelialcylinders oscilliren, während die übrigen ruhen. Von ihren Zellen losgelöſte Flimmerhaare haben bis jetzt noch nie Bewegungen gezeigt. Eben ſo wenig läßt ſich an den Wänden der Flimmerzellen ſelbſt eine Spur von Contractilität wahrnehmen.

598 So lange das Flimmerphänomen mit großer Lebhaftigkeit vor ſich geht, iſt man außer Stande, ſich über die Bewegungsweiſe der einzelnen Cilien eine beſtimmte Anſchauung zu verſchaffen. Man ſieht nur in dem Flimmerrande ein lebhaftes fortſchreitendes Wallen, bei welchem die Schattenlinien einzelner Härchen momentan mehr hervortreten, um wiederum im nächſten Augenblicke undeutlicher zu werden. Verlangſamt ſich dagegen die Bewegung, ſo zeigt ſich bei der Verfolgung des Gegenſtandes an einer Reihe von Präparaten, daß bei dem Menſchen und den höheren Thieren vorzüglich zweierlei Bewegungen auftreten: 1) die Cilie biegt ſich und ſtreckt ſich ungefähr wie ein Finger, der abwechſelnd in Flexion und Extenſion gebracht wird. Dieſe Art von Bewegung erſcheint beſonders bei den platteren läppchenartigen Wimpern der Schleimhäute der Naſe, der Athmungsorgane und der weiblichen Geſchlechtstheile des Menſchen und der höheren Thiere. Oder 2) das Haar ſchwankt von einer Seite zur andern oder beſchreibt einen Kegel, deſſen Spitze die Einpflanzungsſtelle der Cilie an der Epithelialzelle darſtellt,

während deſſen Baſis von der Spitze der Wimper angegeben wird. Beiderlei Bewegungsweiſen können aber auch zugleich vorkommen. Dieſes ſieht man am beſten, wenn man iſolirte Zellen, welche noch deutlich ſchwingen, unter ſtärkeren Vergrößerungen unterſucht. Der bei manchen wirbelloſen Thieren dagegen beobachtete Fall, daß ſich das einzelne Flimmerhärchen ſchlangenförmig krümmt, iſt bis jetzt bei den höheren Geſchöpfen noch nicht mit Sicherheit nachgewieſen worden.

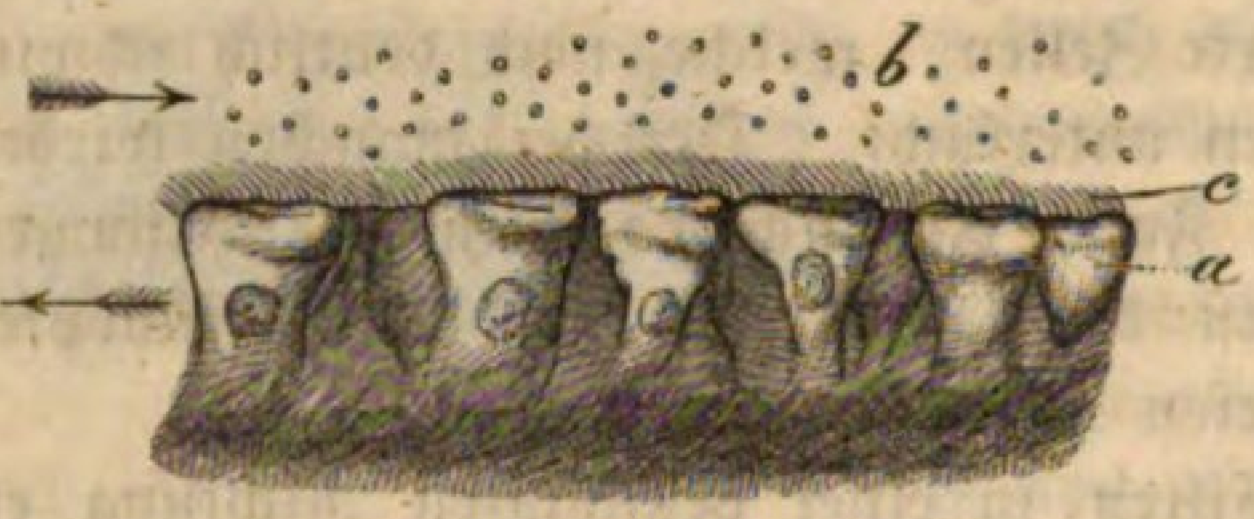
Daß die Schwingungen der Cilien in einer beſtimmten Richtung er- 599
folgen, läßt ſich an iſolirten Flimmerzellen am deutlichſten wahrnehmen. Das Wallen, welches durch ſie bedingt wird, geht längs der Hälfte des freien Zellenrandes, welcher unter dem Mikroſkope geſehen wird, in derſelben Direction von einer Seite zur andern fort. Wahrſcheinlicher Weiſe läuft die Strömung an der andern Seite in entgegengeſetzter Richtung und kehrt ſo in ſich zurück. Jedoch iſt es ſehr ſchwer, über dieſen Punkt, wenigſtens bei den cylindriſchen Flimmerzellen, eine belehrende Anſchauung zu erhalten, weil man dieſe Epithelialzellen mit ihren noch thätigen Cilien faſt immer nur von der Seite und ſehr ſelten von oben aus der Vogelperſpective zu unterſuchen vermag. Haften noch mehrere Flimmerzellen linear an einander, ſo iſt die Bewegung ihrer Cilien immer gleichläufig.

An den Flimmermembranen ſtehen die Flimmercylinder palliſadenartig 600
neben einander. Meiſtentheils aber iſt die Oberfläche des Flimmerepithelium nicht eben, ſondern bildet ein hügeliges Terrain. Zwiſchen dieſen einzelnen Hügelchen ſind häufig ziemlich regelmäßige Thaleinſenkungen vertheilt. An dem Umſchlagsrande zeigen ſich daher nicht ſelten Figuren, welche vollkommen an die idealen Durchſchnitte von Wellenbergen und Wellenthälern erinnern. Dieſe Conformation hat auf die Stellung der Flimmercylinder ſelbſt einen weſentlichen Einfluß. Denn während die letzteren in der Mitte des Wellenberges ſenkrecht aufgepflanzt ſind, haben ſie in den beiden abfallenden Theilen eine ſchiefe, von außen nach innen gerichtete Lage, die um ſo geneigter ausfällt, je tiefer ſich das Wellenthal hinabgeſenkt hat. Da nun wiederum die Richtung der Flimmerbewegung in benachbarten Zellen gleichläufig iſt, ſo folgt der wallende Flimmerrand denſelben Wellenlinien, welche durch die Orte der Epithelialgebilde vorgeſchrieben werden.

Läuft aber die Richtung der Flimmerbewegung an jedem mit Cilien 601
beſetzten Epithelialcylinder in ſich zurück, ſo muß durch jede einzelne Zelle ein Strudel in der umgebenden Flüſſigkeit bedingt werden. Dieſe Strudel werden in benachbarten Flimmerzellen gleichläufig ſein und dann zu complicirteren Bewegungen Veranlaſſung geben. Da aber eine genaue phyſikaliſche Darſtellung der hierdurch entſtehenden Wellen zur Zeit noch mangelt, ſo müſſen wir uns vorläufig darauf beſchränken, die Erſcheinungen, wie ſie ſich dem Auge unmittelbar darbieten, zu ſchildern.

Um die Wirkungen der Flimmerſtrömung unmittelbar zu beobachten, dienen am beſten kleine Körper, welche in dem eine Flimmermembran umgebenden Medium ſuſpendirt ſind. Hierzu eignen ſich Blut- und Lymphkörperchen, Pigmentmolecule, kleine Atome, die in der Tinte enthalten ſind, zerriebene Sepia, die kleinſten Dottermolecule u. dgl. Unterſuchen wir

Fig. 6.



z. B. ein umgelegtes nicht zu großes Stückchen der Mundſchleimhaut des Froſches, ſo werden uns zunächſt zweierlei Bewegungen auffallen. Einerſeits nämlich rückt die Schleimhaut ſelbſt mit ihren Epithelialcylindern a in einer beſtimmten Richtung, z. B. von rechts nach links fort, und anderſeits ſtrömt die umgebende Flüſſigkeit mit den in ihr enthaltenen Moleculen b längs des umgeſchlagenen Randes in entgegengeſetzter Direction, d. h. von links nach rechts mit größerer Schnelligkeit, als die Cilienmembran ſelbſt vorbei. Der wallende Flimmerſaum ſcheint häufig der Bewegung der Flüſſigkeitstheilchen gleichläufig zu ſein, während die ſchwingenden Härchen c nicht ſelten eine entgegengeſetzte Neigung darbieten. Dieſe einfachſten Verhältniſſe der Strömung ſieht man am deutlichſten an ſolchen Präparaten, bei welchen der umgeſchlagene Flimmerrand entweder gerade oder ſchwach gebogen verläuft und nur ſehr kleine Hügelchen darbietet. Häufig aber gehen auch die ſuſpendirten Molecule in krummlinigten Bahnen an der Flimmermembran vorbei. Sie werden nämlich, wenn zugleich die obere Seite der umgeſchlagenen Schleimhaut noch lebhaft flimmert, von dieſer ebenfalls influencirt und in Bogenlinien gegen dieſelbe hingezogen, oder ſie verlaufen am Flimmerrande ſelbſt in Curvenlinien, indem ſie zuerſt auf der Vorderfläche eines Wellenberges hinabgleiten und dann unmittelbar auf der Hinterfläche eines neuen emporſteigen oder vorher in einem breiten Wellenthale dahin gehen, ehe ſie wiederum das Maximum ihrer Erhebung erreichen.

Fig. 7.

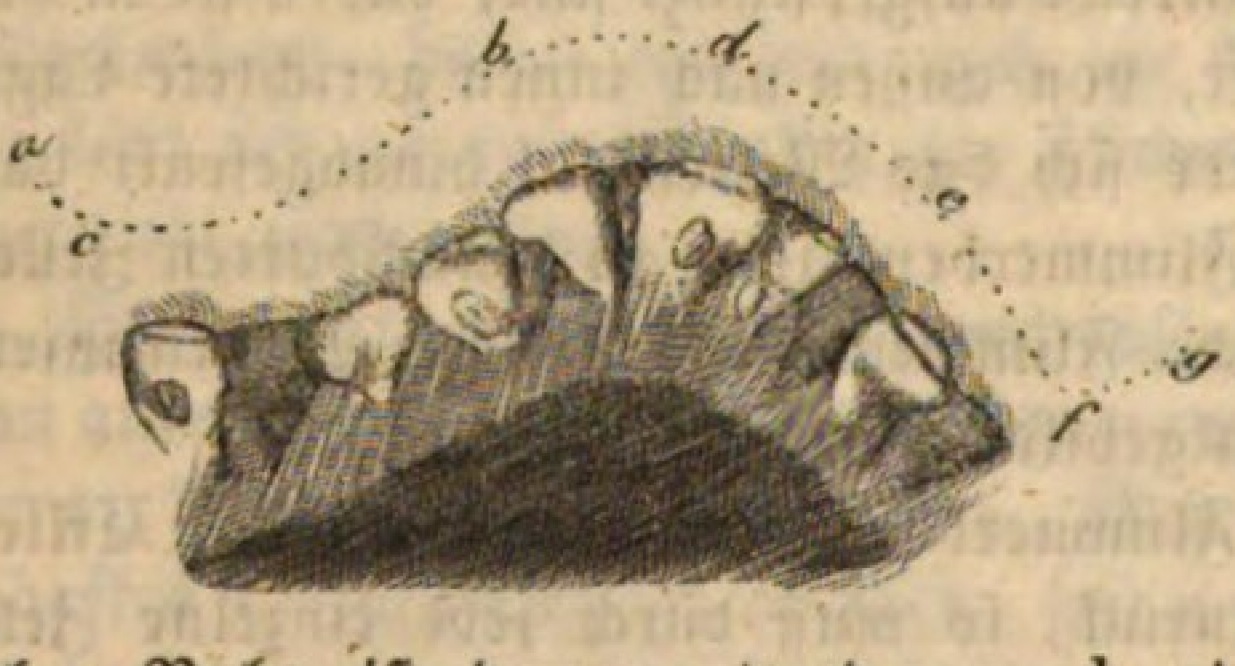
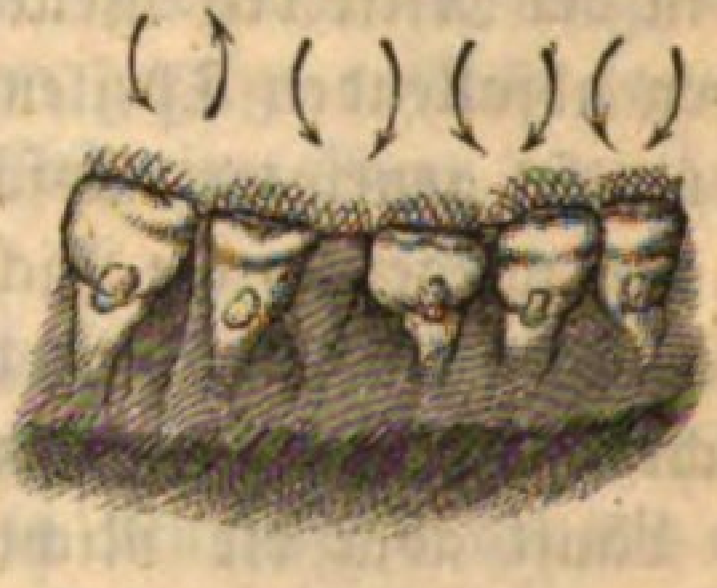


Fig. 8.



Ihre Bahn iſt dann entweder a c b oder d e f g (Fig. 7). In manchen Fällen endlich beſchreiben ſie mehr oder minder bogigte bis kreisförmige Strudellinien, indem ſie in der Richtung der Pfeile herumlaufen (Fig. 8). Dieſe letzteren Wellen und Strudelbewegungen bedingen es, daß die in dem umgebenden Medium befindlichen Körperchen von der flimmernden Oberfläche gleichſam angezogen und bald wiederum abgeſtoßen werden. Sie verleiteten ältere Forſcher zu der Annahme, daß manche thieriſche Häute ein momentanes Attractionsvermögen auf die einzelnen in der Flüſſigkeit enthaltenen Partikelchen ausübten. Eine genauere Unterſuchung lehrt aber, daß dieſe Erſcheinungen nur die Folgen der durch die Thätigkeit der Flimmerhaare erzeugten Wellen ſind.

Die Geſchwindigkeit, mit welcher im Waſſer ſuſpendirte Theilchen längs der Flimmermembran dahin ſtrömen, richtet ſich nach der Intenſität und Schnelligkeit, mit welcher die Wimpern ſchlagen, der Entfernung, in der die Molecule dahingehen, der Größe und Schwere der letzteren, der Conſiſtenz der Flüſſigkeit, welche ſie umgiebt, und der Schleimſchicht, die der Flimmermembran aufliegt. So lange die Bewegung ſehr lebhaft iſt, ſcheint ſie auf den erſten Blick mit großer Schnelligkeit zu erfolgen, weil wir in der Regel, um ſie zu beobachten, ſtärkere Vergrößerungen des Mikroſkopes gebrauchen und hierbei wohl der durchlaufene Raum, nicht aber die hierauf verwendete Zeit vergrößert wird. Beginnt dagegen das Phänomen zu erlahmen, ſo zeigen ſich die Strömungen ſelbſt unter dem Mikroſkope ſehr langſam und dehnen ſich auf einen immer beſchränkteren Bezirk der umgebenden Flüſſigkeit aus. Ja häufig erkennt man noch deutlich den wallenden Flimmerrand, während Molecule, die z B. bei einer Vergrößerung von 175 ſcheinbar nur ¼ Linie, alſo wahrhaft $\frac{0,25}{175} = 0''',0014$ von ihm entfernt ſind, vollkommen ruhen. Am öfterſten tritt dieſes Phänomen ein, wenn eine conſiſtentere Schleimſchicht die Oberfläche des Flimmerepithelium bekleidet. Die Diſtanz iſt inſofern von bedeutendem Einfluß, als die Strömung um ſo langſamer wird, je größer der Theil, auf welchen ſie wirkt, von dem Flimmerrande abſteht. Aus dieſem Grunde nähern ſich auch dieſem die Molecule, welche in den oben erwähnten Wellen- oder Strudelbahnen verlaufen, mit beſchleunigter Geſchwindigkeit, während ihre Schnelligkeit um ſo mehr abnimmt, je mehr ſie ſich wieder ſpäter von demſelben entfernen. 602

Um aber dieſe Größen numeriſch zu beſtimmen, bedient man ſich deſſelben Verfahrens, welches ſchon früher für die Unterſuchung der Geſchwindigkeit der Blutbewegung in den Capillaren (§. 368) und der Oscillationen der Brown'ſchen Molecule (§. 590) angegeben worden. Natürlicher Weiſe laſſen ſich Beobachtungen der Art nur dann anſtellen, wenn die ſuſpendirten Körperchen auf einfache Weiſe längs des noch vollkommen lebhaften Flimmerrandes dahinſtrömen und von keinen Strudelbildungen influencirt werden. Jedoch ſind ſelbſt in den günſtigſten Fällen nur annähernde Reſultate zu erwarten. Bei lebhaften friſch enthaupteten Fröſchen fand ich durch frühere Beobachtungen, daß Molecule, wie Blut- und Lymphkörperchen, Körnchen ſchwarzen Pigments u. dgl., längs des vollkommen lebhaften Flimmerrandes der Mundſchleimhaut dergeſtalt dahingetrieben wurden, daß ſie, wenn ſie mit derſelben mittleren Schnelligkeit geradlinigt fortgingen, in einer Minute durchſchnittlich 3 Linien und als beiderſeitige Grenzen 2 bis 6 Linien durchlaufen würden [1]). Als ich dieſe Unterſuchungen in neuerer Zeit mit Oberhäuſer'ſchen Glasmikrometern und Schieck'ſchen Fadenmikrometern wiederholte, zeigte ſich, daß für eine Bahnſtrecke von $1/_{10}$ Mm. im Durchſchnitt $1/_{70}$, im Minimum der Zeit $1/_{93}$ 603

---

[1]) R. Wagner Handwörterbuch der Phyſiologie. Bd. I. Braunſchweig, 1842. 8. S. 506.

und im Maximum $\frac{1}{65}$ Minute erforderlich war. Da nun $\frac{1}{10}$ Mm. = 0,0443296 pariſ. Linien iſt, ſo haben wir für eine Minute im Mittel 3,1, im Minimum des Raumes 2,9 und im Maximum deſſelben 4,1 Linien. Man ſieht alſo, daß beiderlei Beſtimmungen, von denen jede auf mehreren zu verſchiedenen Zeiten angeſtellten Beobachtungsreihen beruhen, ſo weit es ſolche Erfahrungen überhaupt zulaſſen, gut ſtimmen. Halten wir uns an die Mittelwerthe als die ſicherſten, ſo haben wir für die Secunde eine Geſchwindigkeit von $\frac{3 + 4{,}1}{2 \times 60} = 0{,}0591$ pariſ. Linie. Für die durchſchnittliche Secundenſchnelligkeit des Durchganges des Blutes durch die Capillaren des Froſchfußes fanden wir 0,2225 par. Linien (§. 368). Die letztere iſt alſo ungefähr 4 Mal ſo groß, als die erſtere. Die Brown'ſche Molecularbewegung ergab für denſelben Werth 0,002 par. Linien (§. 590), d. h. nur $\frac{1}{29}$ bis $\frac{1}{30}$ der Propulſionskraft der Flimmerbewegung.

604 Die Zeit, welche ein einzelnes Flimmerhaar zu einer einmaligen Schwingung braucht, läßt ſich nur im Allgemeinen beſtimmen. Man zählt zu dieſem Zwecke die Zahl der Oscillationen, welche in einer ganzen oder einer halben Minute auftreten, und reducirt den ſo erhaltenen Werth auf die Dauer einer Einzelſchwingung. Nach Krauſe [2]) wiederholen die Härchen ihre Bewegungen 190 bis 320 Mal in der Minute. Dieſes giebt eine einfache Schwingungsdauer von 0,316 bis 0,187 oder von ungefähr $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{5}$ Secunde. An den Kiemen von Anodonta kam ich nur auf 100 bis 150 Oscillationen in der Minute Folglich gehörten zu einer Schwingung 0,6 bis 0,4 oder $\frac{3}{5}$ bis $\frac{2}{5}$ Sec. Auch die Flimmermembranen des Froſches, welche ich in neueſter Zeit in dieſer Beziehung unterſuchte, lieferten ähnliche Ergebniſſe. Die Mundhaut eines unmittelbar vorher getödteten Thieres der Art zeigte 96 bis 152 vollſtändige Oscillationen in einer Minute, die genau nach der Secundenuhr beſtimmt wurden. Das Mittel aus 10 Beobachtungen dieſer Art waren 130,2 vollendete Schwankungen. Eine derſelben dauerte alſo 0,625 bis 0,394 oder $\frac{5}{8}$ bis $\frac{2}{5}$ und im Durchſchnitt 0,461 oder etwas weniger, als eine halbe Secunde. In den Lungen eines Froſches, der 28 Stunden vorher enthauptet worden, ergaben ſich in 4 Beobachtungen 77 bis 96 und im Mittel 85,75 Schwingungen in der Minute. Hier erfordert alſo eine jede derſelben 0,779 bis 0,625 oder circa $\frac{4}{5}$ bis $\frac{5}{8}$ Secunden. Der Durchſchnittswerth glich 85,75 Oscillationen in der Minute. Eine entſprach daher 0,699 oder $\frac{7}{10}$ Secunde. Der Grund dieſer größeren Langſamkeit der Thätigkeit der Härchen erklärte ſich daraus, daß die Flimmerbewegung ſchon wenige Minuten, nachdem das Präparat mit kaltem Waſſer befeuchtet worden, ſtill ſtand.

Uebrigens verſteht es ſich von ſelbſt, daß bei gleicher Intenſität der Kraft der Cilien die Schwingungsdauer um ſo größer ausfallen müſſe, je länger die Härchen ſind und je größere Bahnen ſie beſchreiben. Dieſelbe Wirkung wird entſtehen, wenn ſich die Wimpern innerhalb eines zäheren,

---

[1]) C. F. Th. Krause Handbuch der menschlichen Anatomie. Zweite Auflage. Bd. I. 1842. 8. S. 130.

mehr Widerſtand leiſtenden Mediums, z. B. einer dichteren Schleimmaſſe befinden.

Die Hauptrichtung, in welcher die in dem Waſſer ſuspendirten Molecule längs des Umſchlagsrandes einer Flimmermembran dahinſtrömen, ist in der Regel mehr oder minder conſtant. Sie läßt ſich daher mit Berückſichtigung der Anheftungsweiſe der vibrirenden Haut genauer angeben. Jedoch dürfen wir bei dieſen Unterſuchungen nie vergeſſen, daß das Bild durch das zuſammengeſetzte Mikroſkop umgekehrt wird und daß wir daher durch dieſes eine Direction ſehen, welche der wahren entgegengeſetzt iſt. Betrachten wir nun die den Menſchen und die Säugethiere zunächſt intereſſirenden Fälle, ſo ging die Strömung an den Muſchelbeinen des Kaninchens von hinten nach vorn, in der Kieferhöhle deſſelben nach deren Ausmündung hin und in den Athmungsorganen der Henne von dem Kehlkopfe nach abwärts (Purkinje und ich), während ſie dagegen bei einem jungen Hunde nach oben verlief (Sharpey). In dem Eileiter der Vögel und Säugethiere ſtreicht ſie von den Tuben nach dem Gebärmuttermunde hin (Purkinje und ich, Biſchoff)[1] In dem centralen Nervenſyſteme, dem Thränenſacke und den Nieren iſt ſie bis jetzt noch nicht genauer beſtimmt. 605

Bei Muſcheln, z. B. an den Kiemen der Anodonten, beobachtet man nicht ſelten unter dem Mikroſkope, daß die Richtung der Flimmerbewegung momentan nach der entgegengeſetzten Seite umſchlägt. Nachdem nämlich eine Reihe von Härchen eine Zeit lang z. B. nach rechts geſchwungen, wendet ſie ſich plötzlich nach links, vibrirt dann beharrlich nach dieſer Richtung und macht hierauf eine abermalige Schwenkung, um in der früheren Direction zu oscilliren. Ob auch Erſcheinungen der Art bei höheren Geſchöpfen vorkommen, ſteht dahin. Daß jedoch auch hier ausgedehntere Strudelbildungen die einſeitige Strömung modificiren oder ſelbſt unkenntlich machen können, lehrt die unmittelbare Beobachtung.

Die Flimmerbewegung zeigt eine ſo bedeutende Widerſtandskraft gegen äußere Einflüſſe, wie keine andere Reizbarkeitserſcheinung des thieriſchen Körpers. Denn man kann beinahe den Satz aufſtellen, daß nur ſolche Momente, welche in die Conſtitution der Flimmermembran chemiſch zerſtörend eingreifen, das Phänomen der Oscillation der Cilien aufheben. Wir haben ſchon früher geſehen, daß es an losgeſchnittenen Stückchen von Flimmerhäuten, ja an iſolirten Flimmerzellen fortzudauern vermag. Eben ſo erhält ſich die Erſcheinung eine ſehr geraume Zeit nach dem Tode und zwar wahrſcheinlich ſo lange, als die Einflüſſe der Temperatur, der Fäulniß u. dgl. keine weſentlichen chemiſchen Zerſetzungen der ſchwingenden Härchen bedingen. Bewahrt man einen flimmernden Theil des Menſchen oder eines Säugethieres in Blut — welches ein ſehr gutes Erhaltungsmittel bildet — auf, ſo kann man das Phänomen ſelbſt 2 Tage oder noch längere Zeit nach dem Tode beobachten. In dem centralen Nervenſyſteme von Säugethierembryonen erhält es ſich bisweilen 2 bis 3 Tage, ſobald nur nicht während dieſer Zeit der Schädel geöffnet worden. Bei Fröſchen erſcheint es nicht ſelten noch 5 Tage nach dem Tode. Bei einer Schildkröte 606

---

[1]) Th. L. W. Biſchoff Entwickelungsgeſchichte der Säugethiere und des Menſchen. Leipzig, 1842. 8. S. 24. 25.

endlich zeigte ſich die Oscillation an der Mundſchleimhaut noch 9, in der Luftröhre und den Lungen 13 und in der Speiſeröhre 15 Tage nach der Enthauptung. Der Herzſchlag des Thieres dagegen dauerte nur 1½, die Reizbarkeit der Muskeln 7 Tage nach derſelben fort (Purkinje und ich). Durch eine ſehr bedeutende Luftverdünnung oder Luftverdichtung wird die Erſcheinung, wenigſtens bei dem Froſche, nicht aufgehoben. Eben ſo erhält ſie ſich in Waſſer, welches ausgekocht oder mit Kohlenſäure geſättigt worden (Sharpey).

Abgeſehen von den bald zu erörternden Einflüſſen der Temperatur hat die Aufbewahrungsweiſe auf die Dauer der Flimmerbewegung einen weſentlichen Einfluß. Durch ſie nämlich müſſen vorzugsweiſe zwei ſtörende Momente, die Verdunſtung und die chemiſche Zerſetzung, vermieden werden. Laſſen wir z. B. den abgeſchnittenen Kopf eines Froſches mit geöffnetem Munde liegen, ſo vergeht das Phänomen binnen wenigen Stunden. Bleiben dagegen die Kiefer geſchloſſen, ſo kann es ſich in der Winterkälte 2 bis 3, im Sommer 4 bis 5 Tage erhalten. Liegt eine Flimmerhaut einige Zeit im kalten Waſſer, ſo werden die Härchen ruhig, ſtellen ſich zuerſt palliſadenartig empor und verſchwinden alsdann. In Blut oder Serum bleiben ſie Tage lang in Thätigkeit.

Fig. 9.

Um überhaupt zu zeigen, daß der Aufenthalt einer Flimmerhaut in einem luftverdünnten Raume die Schwingungen der Härchen nicht aufhebt, dient folgender einfacher, gewiſſermaßen ein Barometer darſtellende Apparat. Man biege eine Glasröhre, die ungefähr 34 Zoll oder circa 92 Centimeter lang iſt, an dem einen Ende a heberartig um und ziehe ſie hier bei b in eine zugeſchmolzene Spitze aus. Nun wird ſie im Ganzen mit ausgekochtem Queckſilber gefüllt. Die zwiſchen den Glaswänden befindlichen Luftbläschen ſucht man zuerſt durch vorſichtiges Anklopfen und dann durch Auskochen zu entfernen. Iſt dieſes geſchehen, ſo führt man mittelſt eines Drahtes Stückchen der flimmernden Haut ſo ein, daß ſie zwiſchen dem Queckſilber und der Glaswand bei c zu liegen kommen und der letzteren ankleben. Hierbei müſſen ſie ſo zuſammengelegt ſein, daß ihre flimmernden Oberflächen einander zugekehrt ſind, weil ſonſt die Härchen wenigſtens zu einem großen Theile durch das Queckſilber oder die Glaswand abgeſtreift würden. Hierauf wird das obere Ende d hermetiſch geſchloſſen. Am beſten geſchieht dieſes durch einen kleinen eingepaßten Bleiconus, den man vorher mit Schmirgel glatt gerieben und durch nachträgliche Verſchließung mit einem luftdichten Kitte. Nun ſtellt man die Röhre mit dem Theile b auf einem Teller auf und kneipt die zugeſchmolzene Spitze b ab. Ein Theil des Queckſilbers ſtürzt dann in einem Strahle hervor. Endlich aber bleibt die Mercurſäule, z. B. bei e ſtehen. Die Fragmente der Flimmermembran c befinden ſich jetzt in dem luftverdünnten Raume de. Nachdem man ſie eine beliebige Zeit in dieſem gelaſſen, öffnet man den Verſchluß bei d, ſo daß das Queckſilber bei b ſo lange ausfließt, bis es in beiden Heberarmen in hydroſtatiſchem Niveau ſteht, und unterſucht die Flimmerhaut unter dem Mikroſkope.

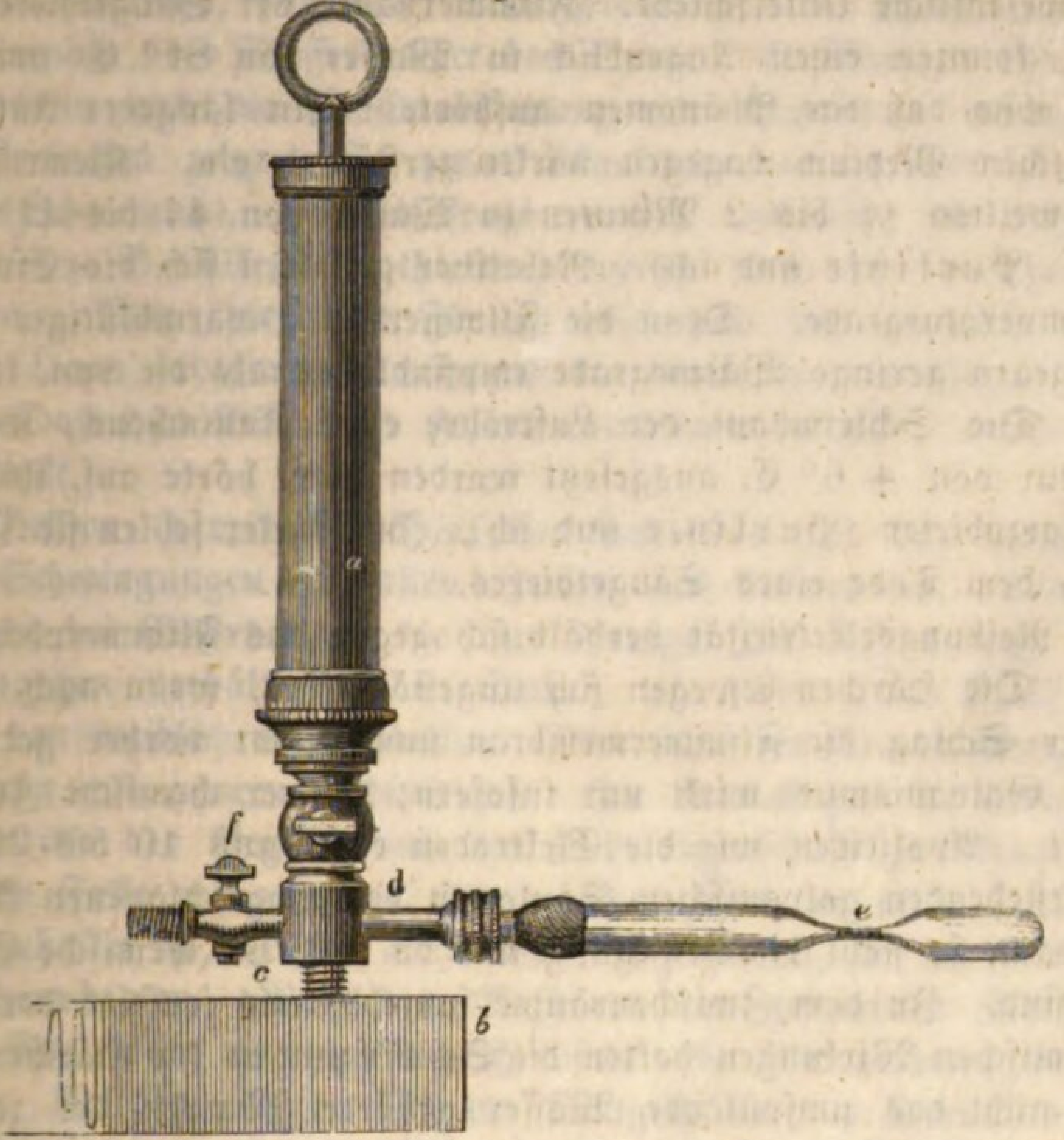
In dem Raume de kann nie ein Vacuum erzielt werden. Denn einerſeits iſt es bei dieſem Verſuche unmöglich, alle Luft abzuhalten, und anderſeits entbinden die Flimmermembranen ſelbſt Waſſerdämpfe. Beſtimmt man aber, um wie viel höher die Queckſilberſäule in ad als in ab ſteht, und vergleicht dieſen Werth mit dem actuellen Barometerſtande, ſo erhält man dann aus der Differenz von beiden den Druck, welchen die Luft und die Waſſerdünſte in dem verdünnten Raume de ausüben.

Zwei Verſuche der Art ergaben das gleichförmige Reſultat, daß die Flimmerbewegung in den eingebrachten Schleimhautſtückchen der Mundhöhle und der Lungen eines friſch getödteten Froſches, nachdem ſie das eine Mal 5 und das andere Mal 15 Minuten in de verweilt, ungeſtört blieb. Zur Zeit, wo beide Beobachtungen angeſtellt worden, glich der Barometerſtand 725 Millimeter. In dem erſten Verſuche ſtand das Queckſilber in ad um 705, in dem zweiten um 706 Millimeter höher, als in ab. Die Luft und die Waſſerdämpfe übten daher in Nr. 1 einen Druck von 20 Millimeter oder ungefähr 1/36 der atmo-

ſphäriſchen Preſſion, in Nr. 2 dagegen einen ſolchen von 19 Millimeter oder ungefähr $1/37$ des Luftdruckes aus.

Um dieſe Verſuche exacter zu machen, bedient man ſich am einfachſten einer kleinen Gay-Luſſac'ſchen Handluftpumpe, wie ſie zu elementaranalytiſchen Unterſuchungen

Fig. 10.



gebraucht wird. Man ſchraubt dieſe a in einen feſten Klotz b ſo ein, daß ihre beiden Branchen c und d ſeitlich frei hervorragen. Nun ſchmilzt man eine hinreichend weite mit dünnen Wänden verſehene Röhre an dem einen Ende zu und macht ihre Wände in einer Strecke ihres Verlaufes eben. An dieſe geradlinigte Wand befeſtigt man umgeſchlagene Stückchen einer Flimmermembran, z. B. bei e, und umgiebt jedes mit einem Waſſertropfen. Das andere Ende der Röhre wird dann luftdicht an die Branche d der Luftpumpe a ſo befeſtigt, daß man die Flimmerhautſtückchen unter dem Mikroſkope beobachten kann. Die zweite Branche c wird entweder durch den Hahn f luftdicht verſchloſſen oder man fügt an ſie ein Luftpumpenbarometer, um den Grad der Verdünnung zu meſſen. Auch hier kann es zu keinem vollſtändigen Vacuum kommen, weil die Flimmerhäute wiederum Waſſerdämpfe entbinden und es faſt unmöglich iſt, eine ſo dünne Röhre, als e iſt, luftleer zu machen. Wenn man aber auch noch ſo ſtark ausgepumpt hat, erhält ſich die Flimmerbewegung, ſobald nur nicht indeß das Flimmerepithelium zu ſehr ausgetrocknet und auf dieſe Weiſe zerſtört worden.

Das Licht ſcheint die Flimmerbewegung nicht weſentlich zu influenci- 607
ren. In unſerem lebenden Körper befinden ſich natürlich die Cilien, welche im Gehirn, den Lungen, den weiblichen Geſchlechtstheilen u. dgl. vorkommen, in dunkeln Räumen, ohne daß ihre Thätigkeit geſtört wird. Dieſe zeigt auch keine Veränderung, wir mögen ſie in einem ſchattigern oder hellern Raume unterſuchen. Deutlicher treten die Wirkungen der Temperatur hervor. Sehr hohe Wärmegrade heben natürlich das Flimmerphänomen auf, indem ſie die mit Cilien verſehenen Epithelialzellen zum Vertrocknen

bringen oder ſogar verkohlen. In kochendem Waſſer oder in einer ſonſt unſchädlichen Flüſſigkeit, welche ſelbſt geringere Wärmegrade darbietet, verſchwinden die Härchen. Die Epithelialcylinder löſen ſich zugleich von einander und von ihrer Unterlage los. Jedoch bedingt hier die Dauer des Effectes weſentliche Unterſchiede. Flimmerhäute der Säugethiere und Vögel z. B. konnten einen Augenblick in Waſſer von 81° C. untergetaucht werden, ohne daß das Phänomen aufhörte. Ein längerer Aufenthalt in einem ſolchen Medium dagegen wirkte zerſtörend ein. Kiemenſtücke von Unio verweilten $\frac{1}{2}$ bis 2 Minuten in Waſſer von 44 bis 41° C. ohne Nachtheil (Purkinje und ich). Relativer geſtalten ſich die Einflüſſe niederer Temperaturgrade. Denn die Flimmerhäute warmblütiger Geſchöpfe ſcheinen gegen geringe Wärmegrade empfindlicher als die von kaltblütigen zu ſein. Die Schleimhaut der Luftröhre eines Kaninchens, welche einer Temperatur von + 6° C. ausgeſetzt worden war, hörte auf, ihre Schwingungen darzubieten (Purkinje und ich). Im Winter fehlen ſie leicht kurze Zeit nach dem Tode eines Säugethieres.

608 Die Reibungselectricität verhält ſich gegen das Flimmerphänomen indifferent. Die Härchen bewegen ſich ungeſtört fort, wenn auch ein ſtarker elektriſcher Schlag die Flimmermembran unmittelbar vorher getroffen hat. Auch der Galvanismus wirkt nur inſofern, als er chemiſche Zerſetzungen hervorruft. Appliciren wir die Elektroden einer aus 10 bis 20 Plattenpaaren beſtehenden galvaniſchen Säule an den umgeſchlagenen Rand einer Flimmerhaut, ſo ſteht die Bewegung nur da ſtill, wo chemiſche Effecte eingetreten ſind. In dem Zwiſchenraume ſowohl, als jenſeits der Orte der elektrochemiſchen Wirkungen halten die Schwingungen der Härchen ſo lange an, als nicht das umſpülende Waſſer größere Mengen der zerſtörenden Säuren und Alkalien aufgenommen hat. Anlegung eines noch ſo ſtarken Magneten an eine Flimmermembran bringt keine Veränderung irgend einer Art hervor.

609 Verdünnte Säuren und Auflöſungen von Alkalien und Salzen heben nur dann, wenn ſie corrodiren können, die Flimmererſcheinung augenblicklich oder nach kurzer Zeit auf. Daſſelbe gilt auch von allen organiſchen Stoffen ohne Ausnahme. Aus dieſem Grunde wirkte keine der bisher geprüften Subſtanzen in 100000facher Waſſerverdünnung. Bei einer ausführlichen von Purkinje und mir meiſt an den Muſchelkiemen angeſtellten Verſuchsreihe hemmten aber ſchon Eſſigſäure, kauſtiſches Ammoniak und Chorſpießglanz in 10000facher, Chlorwaſſerſtoffſäure, Salpeterſäure, eine Löſung von ſalpeterſaurem Silberoxyd oder von Brechweinſtein in 1000facher, Benzoeſäure, Kleeſäure, Holzeſſigſäure, verdünnte Schwefelſäure der preußiſchen Pharmacopö, Schwefeläther, ſchwefelſaures Eiſenoxyd, doppelt kohlenſaures Kali, Jodkalium, weinſaures Kali und ſchwefelſaures Zinkoxyd in 100facher und Alkohol, Kalialaun, Chlorammonium, Kalkwaſſer, Chlorbaryum, Kirſchlorbeerwaſſer, Bromkalium, Cyankalium, einfach ſchwefelſaures Kali, Mixtura camphorata, Chlornatrium, empyreumatiſches Oel und eſſigſaures Bleioxyd in 10facher Verdünnung. Die nachtheiligen Folgen traten jedoch hierbei in ungleichen Zeitabſchnitten hervor. Kreoſot-

waſſer, Löſungen von ſchwefelſaurem Chinin und ſalzſaurem Veratrin und der Aufguß von Radix pyretri ſtörten nur dann, wenn ſie ſich in ganz concentrirtem Zuſtande befanden. Unwirkſam dagegen blieben concentrirte, friſch bereitete Blauſäure, möglichſt ſtarke Löſungen von Aloë- oder Belladonnaextract, Catechu, Moſchus, Mimoſenſchleim, eine Solution von eſſigſaurem Morphin, der Waſſerextract des Opium, Auflöſungen von Salicin oder Strychnin und die Waſſerabkochung von Capsicum annuum. In anderen Verſuchen zeigten ſich zwar Blauſäure und ſalzſaures Morphin hemmend (Sharpey). Jedoch fragt es ſich, ob nicht die Flüſſigkeiten Stoffe, wie z. B. Alkohol enthielten, welche dieſe abweichenden Effecte hervorriefen. Von thieriſchen Fluidis erſcheinen der Speichel und bisweilen der Harn indifferent, während die Galle in der Regel hemmend eingreift. Daß das Blut das Flimmerphänomen erhalte, wurde bereits früher bemerkt.

Im Gehirn, der Naſenhöhle, der Luftröhre und den Lungen trifft 610
man die Schwingungen zu allen Zeiten des Lebens an. Hier finden ſie ſich ſogar bei Embryonen, die nur wenige Zoll Körperlänge beſitzen. Anders dagegen verhält ſich die Sache, wie ſchon zum Theil bemerkt wurde, in den weiblichen Genitalien. Hier fehlt die Flimmerbewegung bei Neugeborenen und jungen Individuen. Im Uterus geht ſie übrigens mit jedem Eintritte der Regeln und der Schwangerſchaft zu Grunde. In dem letzteren Falle mangelt das Flimmerepithelium an allen Stellen, wo das Ei angeheftet iſt, exiſtirt aber (bei Säugethieren) in den frei gelaſſenen Zwiſchenräumen. Nach dem Aufhören der genannten Zuſtände der weiblichen Genitalien wird dann auch wieder die Flimmerbewegung wahrgenommen. An dem jungen Eie der Säugethiere (des Kaninchens) ſcheinen die Flimmerhaare eine nur ſehr tranſitoriſche Exiſtenz zu beſitzen (Biſchoff) [1].

Fig. 11.

Ueber die Verhältniſſe der Flimmerbewegung in Krankheiten liegen bis jetzt noch wenige Beobachtungen vor. Hier ſcheinen zweierlei Grundphänomene den Mangel derſelben zu bedingen. 1) Es werden in Folge des pathologiſchen Proceſſes die oberflächlichen Flimmercylinder losgelöſt. Unmittelbar darauf bilden ſich keine neuen, ſondern unvollſtändigere Epithelialformationen oder deren Rudimente. Dieſes ſehen wir bei heftigen Katarrhen der Naſe oder der Lungen eintreten. Im Anfange des Naſenkatarrhes werden dann eigenthümlich geſtaltete Flimmerzellen, wie ſie Fig. 11. zeigt, ausgeſtoßen. Ihre Härchen ſchwingen noch ſehr lange Zeit nach ihrem Abgange aus der Naſenhöhle (Bühlmann) [2]. Oder 2) in Folge des krankhaften Proceſſes entſtehen flüſſige Exſudate, Eiter, Jauche u. dgl., welche auf das Flimmerepithelium corrodirend wirken. Da-

[1]) Th. L. W. Bischoff, Entwickelungsgeschichte des Kanincheneies. Braunschweig, 1842. 4. S. 56.

[2]) F. Bühlmann, Beiträge zur Kenntniss der kranken Schleimhaut der Respirationsorgane und ihrer Producte durch das Mikroskop. Bern, 1843. 4. S. 41.

her vermiſſen wir die Flimmerbewegung ſo häufig in dem Gehirn von Typhöſen, Hydrocephaliſchen, bei Ocaena, bei Phthiſiſchen u. dgl. Faſer- oder andere Polypen der Naſenſchleimhaut ſind ſehr häufig von einem lebhaft ſchwingenden Flimmerepithelium bekleidet. Dieſes wird dann durch die Desorganiſationsmaſſe, welche von der Faſerlage der Schleimhaut ausgeht, emporgehoben. Bei Gebärmutterpolypen erhalten ſich die Flimmerzellen ſeltener, weil ſie hier leicht durch die nebenbei Statt findenden Abſonderungen zerſtört werden.

611 Wie ſchon die fortdauernde Vibration der Härchen einer oder weniger iſolirter Flimmerzellen zeigt, iſt die Flimmerbewegung eine durchaus iſolirte Erſcheinung, welche zunächſt nur von der Integrität der bei ihr unmittelbar thätigen anatomiſchen Elemente abhängt. Hieraus folgt von ſelbſt, daß die beiden vorzüglichſten allgemeineren Syſteme des Körpers, das Blut- und das Nervenſyſtem keinen directen Einfluß auf das Phänomen ausüben werden. Dieſes beſtätigt auch die Erfahrung. Das Flimmern bleibt durchaus das Gleiche, man mag das Thier durch Verblutung getödtet oder durch Strangulation umgebracht und daher im letzteren Falle die geſammte normale Blutmenge noch im Körper gelaſſen haben. Unterbindung des von dem Herzen abgehenden Arterienſtammes des Froſches ändert die Flimmerbewegung der Lungen nicht im geringſten. In dem iſolirten Froſchkopfe iſt die Erſcheinung noch eben ſo lebhaft, als während des Lebens des Thieres. Man kann ſelbſt lospräparirte Schleimhautſtückchen zwiſchen zwei Glasplättchen aufheben. Sie werden am folgenden Tage, wenn ſie nicht eingetrocknet ſind, die Schwingungen ihrer Cilien in größter Vollkommenheit darbieten.

612 Die Unabhängigkeit von dem Nervenſyſteme läßt ſich ebenfalls auf indirecte Art nachweiſen. Daß iſolirte Schleimhautſtückchen eine Zeit lang fortvibriren, daß die heftigſten Narcotica, wie z. B. Strychnin, effectlos bleiben, daß ſich nach der Tödtung des Thieres durch nervenlähmende Subſtanzen die Flimmerbewegung erhält, beweiſt weniger, als auf den erſten Blick ſcheint. Denn auch die aus dem Körper geſchnittenen Muskeln, deren Beziehung zu dem Nervenſyſteme nicht zu läugnen iſt, behalten ihre Reizbarkeit eine Zeit lang bei. Dieſes dauert auch noch im Anfange bei Thieren fort, welche durch narcotiſche Gifte ihr Leben eingebüßt haben. Ebenſo verliert ein motoriſcher Nerv dadurch, daß man ihn in Strychninlöſung taucht, noch nicht ſeine Wirkſamkeit. Bindender dagegen iſt folgender Verſuch. Man durchſchneide einem Froſche im Sommer das Rückenmark an ſeiner Uebergangsſtelle in das verlängerte Mark und zerſtöre das ganze centrale Nervenſyſtem durch einen eingeführten Stab. Wenn man will, kann man dann noch durch einen glühenden Draht alle Theile, welche in dem Schädel und der Wirbelſäule liegen, verbrennen. Nun laſſe man das Thier 3—4 Tage mit geſchloſſenem Munde liegen, ſo daß es vollkommen austrocknet und daß der Inhalt ſeiner peripheriſchen Nerven überall ſchon ſeit 1 bis 2 Mal 24 Stunden geronnen und zerſetzt iſt. Die Flimmerbewegung wird dann, wenn der Verſuch gut gelingt, auch nicht den geringſten Unterſchied von der des lebenden Froſches darbieten.

613 Unter dieſen Verhältniſſen müſſen wir frei bekennen, daß uns die Urſache, welche die Schwingungen der Härchen veranlaßt, noch gänzlich

unbekannt iſt. Daß die anregenden Momente dieſer Thätigkeit rein phyſikaliſche Erſcheinungen ſeien, läßt ſich nach unſeren gegenwärtigen Kenntniſſen weder beſtimmt behaupten, noch mit Sicherheit widerlegen. Eben ſo wenig wiſſen wir, ob die Bewegung in den Härchen ſelbſt liegt oder ob dieſe von ihren Wurzeltheilen aus, alſo von dem Innern der Flimmerzellen her in Bewegung geſetzt werden.

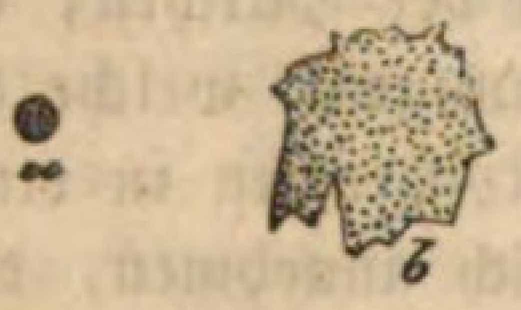
Nicht minder dunkel bleibt der Zweck dieſer eigenthümlichen Erſchei- 614
nungen. Betrachten wir die ſichtlichen Folgen derſelben, ſo concentriren ſich dieſe, ſo weit das Flimmerepithelium in dem Körper des Menſchen und der Säugethiere verbreitet iſt, auf drei Hauptpunkte: 1) Das Ei als eine kleine Maſſe wird durch ſeine tranſitoriſchen Flimmerhaare eine Zeit lang um ſeine Achſe gedreht. 2) Durch die Vibration der Härchen, die an befeſtigten Theilen angebracht ſind, entſtehen Strömungen, welche benachbarte Flüſſigkeiten und in dieſen ſuſpendirte feſte Körperchen in einer beſtimmten Richtung fortführen. Auf dieſe Art ließe ſich annehmen, daß allmälig Naſenſchleim nach dem vorderſten und unterſten Theil der Naſenhöhle geführt werde und hier durch Verdunſtung zu feſteren Maſſen erhärte und daß in ähnlicher Weiſe Lungenſchleim nach dem Kehlkopfe gelange. Allein ſchon bei den weiblichen Genitalien ſtößt dieſe Anſicht auf Widerſprüche. Die Flimmerbewegung geht hier in der Richtung von den Tuben nach dem Uterus vorwärts. Hiernach könnte ſie nur die Wanderung des Eichens nach der Gebärmutter, nicht aber die der Spermatozoen nach dem Eierſtocke unterſtützen. Es läßt ſich aber nicht deutlich einſehen, weshalb die Natur das Ei durch die Flimmerbewegung und nicht durch die kräftigeren periſtaltiſchen Tubenzuſammenziehungen fortſchieben ſollte. Für die Weiterbeförderung des Samens könnte die Vibration der Härchen nur dann dienen, wenn ſie momentan aus ihrer habituellen Richtung umwendete, wie dieſes oben (§. 605) von den Muſchelkiemen angegeben worden. Oder 3) die Flimmerbewegung hat zum Zweck, durch ihren Strudel jeden Augenblick andere Flüſſigkeitstheilchen mit dem Epithelium in Berührung zu bringen. Dieſer Erfolg findet allerdings Statt. Allein ſeine ſpecielle Beſtimmung läßt ſich für jetzt weder chemiſch noch phyſiologiſch einſehen. Ob dadurch die flimmernden Oberflächen und deren Abſonderungsproducte eine eigenthümliche Beſchaffenheit erhalten oder ihre Integrität bewahren, iſt gänzlich unbekannt. Es läßt ſich daher nur behaupten, daß das Flimmerphänomen moleculare Bewegungen, deren fernere Folge uns noch gänzlich entgehen, hervorzurufen im Stande ſei.

Contractilitätserſcheinungen einzelner Zellen. — Bis jetzt 615
kennt man noch keinen Fall, in welchem iſolirte Zellgebilde des Menſchen oder der höheren Thiere ſelbſtſtändige abwechſelnde Zuſammenziehungs- und Ausdehnungserſcheinungen darböten. Unterſucht man z. B. ein Segment der flimmernden Zungenſchleimhaut eines eben getödteten Froſches, ſo zeigt ſich zwar bisweilen, daß die Hügel des Epithelium unter den Augen des Beobachters ihre Geſtalt ändern. Allein es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß dieſes durch die Contractilität der noch anhaftenden quergeſtreiften Muskelfaſern hervorgerufen werde. Ueberdies verhalten ſich hierbei die

einzelnen Epithelialcylinder durchaus paſſiv. Bei wirbelloſen Thieren dagegen finden ſich Beiſpiele, in welchen iſolirte Zellen die lebhafteſten Contractilitätserſcheinungen wahrnehmen laſſen.

Hierher gehören vor Allem die von R. Wagner [1]) beſchriebenen Chromatophoren der Sepien und die von Siebold [2]) beobachteten Dotterzellen der Planarien. Das fleckige Anſehen der Haut der Dintenfiſche entſteht nämlich durch Pigmentzellen, welche in zwei Schichten an iſolirten Stellen der Lederhaut abgelagert ſind. Das mehr in der Nähe der Oberhaut befindliche Stratum von Zellen führt roſtfarbenes, das tiefere gelbes Pigment. Schneidet man nun ein Stück Haut aus einer eben getödteten Sepie aus, ſo zeigen ſich, ſo lange die Reizbarkeit des Präparates dauert, pulſatoriſche Zuſammenziehungen und Ausdehnungen dieſer Zellen. Jede derſelben verwandelt ſich im Augenblicke der ſtärkſten Contraction in ein kugelähnliches Gebilde a Fig. 12, in welchem die Pigmentmolecule ſehr dicht bei einander liegen. Die Färbung der kleineren Stelle erreicht daher ihre möglichſte Intenſität. Bald darauf dehnt ſich aber die Zelle zu einem verhältnißmäßig ſehr großen Sterne b, der viel mehr Rauminhalt beſitzt, aus. Natürlich werden hierdurch die Pigmentmolecule zerſtreut und vereinzelt. Die Coloration der Zelle wird daher möglichſt ſchwach und verwaſchen. Dieſem letzteren Zuſtande entſpricht auch das Erblaſſen, welches man bei lebenden Tintenfiſchen ſo häufig wahrnimmt. Es unterliegt überhaupt keinem Zweifel, daß der Farbenwechſel dieſer Thiere von den eben erwähnten pulſatoriſchen Erſcheinungen der Chromatophorenzellen herrührt. Da dieſe zwiſchen den Faſern der Lederhaut liegen, ſo wäre es auch denkbar, daß die Ausdehnungen und Zuſammenziehungen der Pigmentzellen nur die Folgen der Contractionen und der Erſchlaffungen der Lederhautfaſern, welche ſich an die Zellenwandungen der Chromatophoren anfügen, ſeien. Allein nach den Unterſuchungen von Wagner iſt dieſes nicht der Fall. Die Zuſammenziehungen werden vielmehr durch die Zellenwände ſelbſt hervorgerufen.

Fig. 12.



Die erſt ſpäter auftretenden Dotterkugeln der ſich entwickelnden Eier von Planaria lactea, tentaculata und furca zeigen eine fortwährende periſtaltiſche und antiperiſtaltiſche Bewegung. Sie ſchieben ihren Inhalt, nämlich eine äußerſt feinkörnige Subſtanz nebſt einem größeren runden Körperchen, hin und her und ſetzen Stunden lang unter dem Mikroſkope dieſe ihre Thätigkeit fort.

Die eigenthümlichen Saftſtrömungen, welche zuerſt von Henle [3]) in den Hodenbläschen des Blutegels beobachtet worden und welche an die Zellenſaftrotation der Charen erinnern, gehören nicht hierher, ſondern zu den Bewegungserſcheinungen der Elemente des Samens.

616 **Bewegung der Spermatozoen.** — Betrachtet man die beweglichen Elemente, welche in dem ausgebildeten Samen des Menſchen und ſämmtlicher Thiere bis zu den Rotatorien hinab vorkommen, als keine ſelbſtſtändigen animaliſchen Weſen, ſondern als bloße Gewebtheile, ſo gehören die mannichfachen Ortveränderungen, Drehungen, Biegungen und Verwickelungen, welche dieſe Gebilde darbieten, ebenfalls in die Kategorie der Elementarbewegungen (Kölliker) [4]). Da jedoch die näheren, dieſe Verhältniſſe betreffenden Details in die Zeugungslehre unmittelbar eingreifen, ſo werden wir ſie erſt bei dieſer näher erörtern.

---

[1]) Erichson Archiv für Naturgeschichte. Jahrg. 1841. Berlin. 1841. 8. S. 35—38.
[2]) Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der k. preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Berlin, 1841. 8. S. 83—86.
[3]) Müller's Archiv, 1835. S. 585. 86.
[4]) A. Kölliker Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Samenflüssigkeit wirbelloser Thiere, nebst einem Versuch über das Wesen und die Bedeutung der sogenannten Samenthiere. Berlin, 1841. 4. S. 72 fgg.

Zuſammenziehung der quergeſtreiften Muskelfaſern. — Streng genommen ſollten die Contractionserſcheinungen dieſer Elemente, welche die Muskulatur des Kopfes, des Rumpfes, der Extremitäten und des Herzens bilden, erſt zuletzt behandelt werden, weil ihre Energieen am meiſten mit denen des Nervenſyſtemes zuſammenhängen, die der einfachen Muskelfaſern dagegen und noch mehr die der contractilen Fäden von nervöſen Einflüſſen in höherem Grade emancipirt ſind. Allein da die Thätigkeitsäußerungen der quergeſtreiften Muskelfaſern bis jetzt am ausführlichſten unterſucht worden, ſo liefern ihre ſchon bekannteren Verhältniſſe nicht ſelten eine Baſis für die Erörterung mancher Momente der übrigen contractilen Gewebtheile. 617

Durch die Zuſammenziehung der quergeſtreiften Muskelfaſern verliert der entſprechende Muskel an Länge, während er an Querſchnitt zunimmt. Die Contractionen ſelbſt aber bieten zweierlei Hauptklaſſen von Erſcheinungen dar. Entweder nämlich biegt ſich die Faſer, wie man ſchon unter ſchwächeren Vergrößerungen unterſcheiden kann, in größeren Entfernungen knieartig. Es entſteht ſo die zickzackförmige Verkürzung. Oder die Veränderungen betreffen nur die kleinſten Elemente der Muskelfaſer, ſo daß die Erforſchung ihrer näheren Momente mit vielen Schwierigkeiten verbunden iſt. Hierdurch erzeugt ſich die moleculare Zuſammenziehung. Außerdem ſtellen ſich noch eigenthümliche Einſchnürungen der Hülle jeder einzelnen Muskelfaſer, des ſogenannten Myolemma oder Sarcolemma als begleitende Erſcheinungen dar. 618

Die zickzackförmige Verkürzung tritt bei heftigeren Contractionsgraden ein. Hier bilden die Muskelfaſern eine Reihe von abwechſelnden Kniebiegungen, welche in der Regel in benachbarten Faſern einander homogen verlaufen. Abgeſehen von anderen Nebenmomenten entſpricht natürlich die Summe der beiden Seiten der Zickzacke der Länge des Muskels während der Erſchlaffung. Diejenige Größe dagegen, welche der Longitudinalentfernung im Verkürzungszuſtande correſpondirt, iſt die ideale Seite, welche dem Einbiegungswinkel gegenüberliegt. Sie muß daher auch immer kleiner, als die beiden zuerſt genannten Schenkel zuſammengenommen ausfallen. Je häufiger ſich die Zahl der Biegungen in einer beſtimmten Längeneinheit wiederholen und je ſpitzer die Einbiegungswinkel ausfallen, um ſo mehr wird ſich der Muskel verkürzen. 619

Daß dieſe Zickzackbewegungen ſtärkere Contractionszuſtände im Leben begleiten, läßt ſich durch folgenden Verſuch darlegen. Man binde einen Froſch in Leinwand ſo ein, daß nur der Kopf frei bleibt, ſpalte alsdann die Haut longitudinal von der Symphyſe des Unterkiefers nach der Gegend des Bruſtbeines und von da quer von dem letzteren Punkte nach dem Winkel des Unterkiefers und trage ſie längs des letzteren ab, ohne das benachbarte Blutgefäß zu verletzen. Nun bringt man die freiliegenden Kehlmuskeln unter das Mikroſkop, beleuchtet ſie von oben und benetzt ſie ſo, daß durch die leeren Stellen kein ſtörender Reflex hervorgerufen wird. Dieſer Theil des Verſuches iſt der ſchwierigſte und mißglückt nicht ſelten. Eintauchen des ganzen Kopfes in Waſſer nützt deshalb nichts, weil das Thier alsdann keine Luft durch ſeine Naſenlöcher einziehen kann und daher auch ſeine Kehlmuskeln nicht bewegt. Hat man aber dieſe während ihrer Thätigkeit im Focus des Mikroſkopes, ſo ſieht man deutlich, wie ſich die Muskelfaſern mit jeder Zuſammenziehung zickzackförmig biegen, mit jeder Dehnung hingegen wiederum

gerade ſtrecken. Bei lebhaften Fröſchen können auf dieſe Weiſe bis 74 Contractionen der Kehlmuskulatur in der Minute erfolgen. Mit jeder Verkürzung ſchlängeln ſich auch die Stämmchen der Blutgefäße und der Nerven, welche an und zwiſchen den Muskelbündeln verlaufen, während ſie ſich mit jeder Erſchlaffung wiederum ſtrecken.

620 Die zickzackförmige Verkürzung zeigt ſich auch häufig an den Muskeln lebender oder friſch getödteter Thiere, ſobald die Muskelfaſern ihrer Anſatzpunkte beraubt ſind. Am leichteſten beobachtet man dieſes, wenn man die Bauchmuskeln von eben getödteten Kaninchen, Pferden, Fröſchen u. dgl. an zwei diſtanten Punkten ſo trennt, daß die Schnittrichtung den Längenverlauf der Muskelfaſern quer trifft, und eine dünne Lamelle derſelben loslöſt. Nicht ſelten erſcheinen dann die Zickzackbiegungen vollkommen regelmäßig, indem ſie in allen benachbarten Faſern mehr oder minder von gleicher Größe ſind und parallel verlaufen, ſo wie es Fig. 13 andeutet. Sie liegen entweder nach der einen oder andern Seite hin oder ſind nach der Dimenſion der Dicke des Muskelſtückes gerichtet, ſo daß hierdurch ſpitzere oder abgerundete Berge und Thäler entſtehen. Bisweilen dagegen, und zwar vorzüglich bei kleineren oder minder kräftigen Thieren in den häufigeren Fällen, befinden ſich die benachbarten Faſern in verſchiedenen Stadien ihrer Verkürzung. Einige von ihnen haben größere zickzackförmige Einknickungen, die nicht ſelten noch in anſtoßenden Faſern mehr oder minder parallel verlaufen. Andere hingegen zeigen kleinere Welleneinſchnitte (Fig. 14). Oft findet ſich auch der Fall, daß untergeordnete Zickzacke an Schenkeln der Zickzackbiegungen vorkommen. Häufig ſieht man Faſern, die ſchon im Ganzen gerade verlaufen, an ihren Rändern aber noch tiefere Einſchnitte oder rudimentäre Wellenkrümmungen beſitzen. An ſolchen Präparaten hat man vollkommene Reihen von Uebergangsſtufen der verſchiedenen möglichen Grade der zickzackförmigen Verkürzung.

Fig. 13.

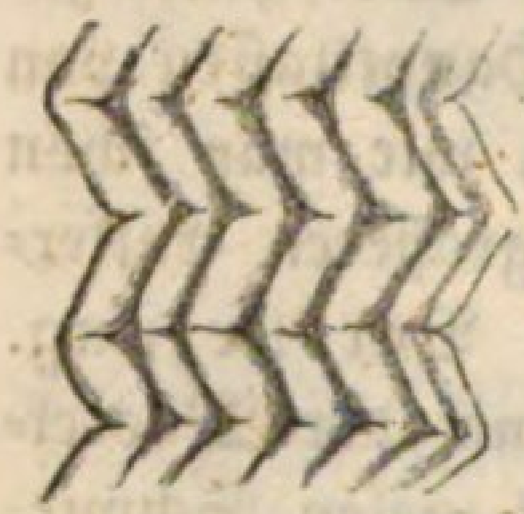


Fig. 14.

Von den größten vollſtändigen winklichten Einknickungen gehen ungefähr 6—7 und von den mittleren unvollſtändigen 10—18 Doppelbiegungen auf eine Linie. Ein Schenkel derſelben kann durchſchnittlich 3 — 10 vollſtändige Wellenkrümmungen aufnehmen.

Um in dieſer Hinſicht beiſpielsweiſe einige Maaße anzugeben, ſo zeigte ſich an einem Präparate, welches den Bauchmuskeln eines großen Froſches entnommen war, daß die mittlere Länge der vollſtändigen Biegungen, die hier ſehr ſtark ausgebildet waren und faſt durch das ganze Präparat einander parallel verliefen, 0''',152 pariſer Maaßes betrug. Bei einem, einem kleineren Froſche angehörenden Präparate mit unvollſtändiger zickzackförmiger Verkürzung glich die Länge der Schenkel der größeren Einknickungen 0''',056 bis 0''',100 und im Mittel 0''',077; die der kleineren halben Wellen dagegen, die nicht ſowohl zwei winkelige Seiten, als eine Bogenlinie beſaßen, 0''',008 bis 0''',017 und im Durchſchnitt 0''',015. An den größeren Kniebiegungen betrug die dem Einknickungswinkel gegenüberliegende ideale Seite des Dreieckes durchſchnittlich 0''',102, an den kleineren Wellen dagegen nur 0''',012 bis 0''',036.

Die Winkel, unter welchen die Muskelfaſern bei dieſer Verkürzungsweiſe einknicken, ſind natürlich äußerſt verſchieden. Bei den größeren und mittleren Biegungen fallen ſie meiſt zwiſchen 80° und 120°. Je mehr ſich dagegen die Faſer ihrer Längenerſtreckung nähert, um ſo weniger differiren ſie von zweien Rechten. 621

Da die Schenkel dieſer Winkel meiſtentheils nicht genau geradlinigt verlaufen, ſo wird es auch nicht möglich, die Krümmungen mittelſt des Mikrometers exact zu trianguliren und den Winkel auf dieſelbe Weiſe, wie dieſes für die Gefäßwinkel angeführt wurde (§. 361), aus den drei Seiten des ideellen Dreieckes zu berechnen. Daher bleibt hier (wenn man nicht die mittlere Geſammtneigung (§. 810), ſondern einzelne Winkel finden will), nichts übrig, als die minder genaue Methode, durch welche man auch die Winkel von mikroſkopiſchen Kryſtallen zu beſtimmen ſuchte, in Gebrauch zu ziehen. Zu dieſem Zwecke bezeichnet man ſich äußerlich an dem oberen Rande des Oculares die Stellen, welche mit den Verlängerungen der beiden rechtwinkligen Mikrometerfäden in einer ſenkrechten Ebene liegen. Nun befeſtigt man um die Hülſe deſſelben einen in 360° getheilten Kreis, ſtellt den einen Mikrometerfaden auf den einen Winkelſchenkel ein und notirt den Grad des] Kreisbogens, welcher dem Orte des Fadens entſpricht. Hierauf dreht man ſo lange, bis der letztere den andern Winkelſchenkel deckt und notirt von neuem den correſpondirenden Gradwerth. Aus der Größe des auf dieſe Weiſe durchlaufenen Bogens ergiebt ſich natürlich die Beſtimmung des Winkels. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß man bei dieſem Verfahren ſehr zufrieden ſein kann, wenn nur die Grade richtig ſind. An feinere Reſultate iſt in dieſem Falle nicht zu denken.

Die **moleculare Zuſammenziehung** tritt immer nur, ſofern ſie unmittelbar auffällt, momentan ein und dauert bloß den ſehr geringen Zeittheil, welchen eine einmalige Contraction in Anſpruch nimmt. Aus dieſem Grunde iſt ihre genauere Beobachtung mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Denn alle Phänomene eilen ſo raſch vorüber, daß es meiſtentheils unmöglich wird, ſich hinreichend zu ſammeln, um die Details vollſtändig aufzufaſſen. Man ſieht auf den erſten Blick nur einen plötzlichen Ruck oder ein wurmförmiges Fortkriechen, welches meiſt in einigen Augenblicken beendigt iſt. Eine genauere Prüfung lehrt aber, daß gewöhnlich hierbei die Querſtreifen die weſentlichſten Veränderungen erleiden. Sie werden ſchärfer, rücken näher an einander, ſo daß ihre Entfernungen bisweilen auf ein Minimum reducirt werden, und treten mehr über die Oberfläche hervor. Hierbei rollt entweder die ganze Erſcheinung ſo raſch über die Länge des in den Focus geſtellten Theiles der Muskelfaſer dahin, daß wir keine ſucceſſiven Bewegungserſcheinungen wahrnehmen können, oder ſie pflanzt ſich von Stelle zu Stelle langſamer wellenartig oder wurmförmig fort. Es erfolgen dann nur 10—30 Localcontractionen in der Minute oder ſie wiederholen ſich ſo häufig hinter einander, daß jede einzelne kaum eine Secunde in Anſpruch nimmt (**Bowmann**, **Remak**) [1]. Je nach der Intenſität dieſer Veränderung läßt ſich keine erhebliche Verbreiterung der Muskelfaſer wahrnehmen, oder dieſe tritt vorzüglich an den Stellen hervor, welche den ſich erhebenden Querſtreifen entſprechen. 622

Da wir bei dieſen Unterſuchungen ſtärkere Mikroſkopvergrößerungen anwenden müſſen und alsdann, um Alles deutlich wahrzunehmen, den Fo-

---

[1]) **Bowmann** in Philosophical Transactions for 1840. p. 488. **Remak** in Müller's Archiv, 1843. S. 184.

cus auf die Oberfläche der Faſer möglichſt genau einſtellen, ſo zeigen ſich bisweilen auch fortſchiebende Contractionen, ohne daß wir eine Veränderung der Querlinien beobachten. Am wahrſcheinlichſten dürfte es ſein, daß in dieſem Falle tiefere Faſern wirken, höhere dagegen unthätig bleiben oder daß nicht alle Längsfäden der Faſer an der Zuſammenziehung Theil nehmen und ſich z. B. nur entferntere oder innere contrahiren, während wir momentan unſer Augenmerk auf höhere oder äußere gerichtet haben.

Verfolgt man die Verhältniſſe der Längsfäden und der Querſtreifen an einer Reihe von Muskelfaſern friſch getödteter Thiere, ſo gewinnt man immer mehr die Ueberzeugung, daß die queren Linien keine urſprünglichen und beſtändigen Gebilde ſind, ſondern nur den Ausdruck ihrer Contractionsenergie darſtellen. Am beweiſendſten ſind hierfür die Anſchauungen, in welchen ſie ſich erſt unmittelbar unter unſeren Augen bilden. Bei friſch getödteten Kaninchen, vorzüglich aber bei Fröſchen und Fiſchen zeigen bisweilen die iſolirten Muskelfaſern bloße Längsfäden. Die Querſtreifen erſcheinen erſt allmälig, vorzüglich durch die Einwirkung des kalten Waſſers, und nicht ſelten ſieht man deutlich, daß hierbei der entſprechende Theil der Muskelfaſer an Länge verliert und dafür, beſonders an den Querſtreifungsſtellen, an Breite und Dicke gewinnt. Umgekehrt vergehen die Querſtreifen an einzelnen Stellen, während die Längsfäden einfacher hervortreten. Dieſe verſchiedenen Zuſtände ſind ſehr häufig an den mannichfachen Fäden einer und derſelben Muskelfaſer anzutreffen. Vorzüglich oft bemerkt man an der Oberfläche Querſtreifen, während die weiter im Innern gelegenen Fäden derſelben entbehren.

Iſolirte Elemente der Art, welche von quergeſtreiften Stellen herrühren, zeigen eine Reihe ſucceſſiv der Länge nach hingehender rundlicher bis ſpindelförmiger Knötchen, die durch kleine verſchmälerte Zwiſchenräume von einander geſondert werden. Die einfachen Längsfäden dagegen bieten gleichläufige Ränder dar. Wir können daher mit der größten Wahrſcheinlichkeit annehmen, daß dieſe Form dem vollkommenen Erſchlaffungszuſtande der letzten Elementartheile der Muskelfaſer zukommt, daß aber ihre erſte Contractilitätserſcheinung in der Bildung jener ſucceſſiven ſcheinbaren Knötchen, welche dem Faden das Anſehen einer Perlſchnur oder eines Roſenkranzes geben, beſteht. So lange die Muskelfaſer ein Ganzes bildet, liegen dann jene Anſchwellungen in benachbarten Fäden eines und deſſelben Niveau entſprechend neben einander. Es entſtehen auf dieſe Weiſe die queren oder ſchwach welligten Linien, welche die Querſtreifung hervorrufen. Hierbei correſpondiren die hellen Bänder den hervortretenden Theilen und die dunkeln, transverſalen Linien den zwiſchen ihnen befindlichen Furchen. Haben ſich dagegen einzelne Bündel von Fäden einer und derſelben Muskelfaſer, wie dieſes beſonders nach der Einwirkung des Waſſers vorkommt, der Länge nach von einander getrennt, zeigen ſich dieſen Iſolationsſtellen entſprechende ſchattige, längere oder kürzere Longitudinalſtreifen, ſo können ſich auch natürlich die Anſchwellungen der Fäden wechſelſeitig verrücken. Es kommen die Querſtreifen in Unordnung, und es tritt ſogar das perlſchnurartige Ausſehen mehr in den Vordergrund.

Die Frage, ob dieſe Varicoſitäten oder kleine Kniebiegungen eines jeden Muskelfadens [1]) darſtellen, läßt ſich nicht ganz beſtimmt entſcheiden. Als Unterſtützung der letzteren Anſicht könnte die Analogie mit den größeren Zickzacken angeführt werden.

Um dieſe delicateren Contractionserſcheinungen wahrzunehmen, dienen ſehr gut ſolche muskulöſe Gebilde, welche ſich von ſelbſt von Zeit zu Zeit lange nach der Tödtung des Thieres zuſammenziehen. Hierher gehören vor Allem das Herz, insbeſondere die dünnwandigen Stellen der Vorkammern deſſelben, und das Zwerchfell. Außerdem aber kann man hierzu iſolirte hinreichend kleine und dünne Muskelſtückchen eines lebenden oder noch reizbaren Thieres benutzen und ſie durch kaltes Waſſer und vorzüglich durch eingeleitete galvaniſche Ströme zur Contraction bringen.

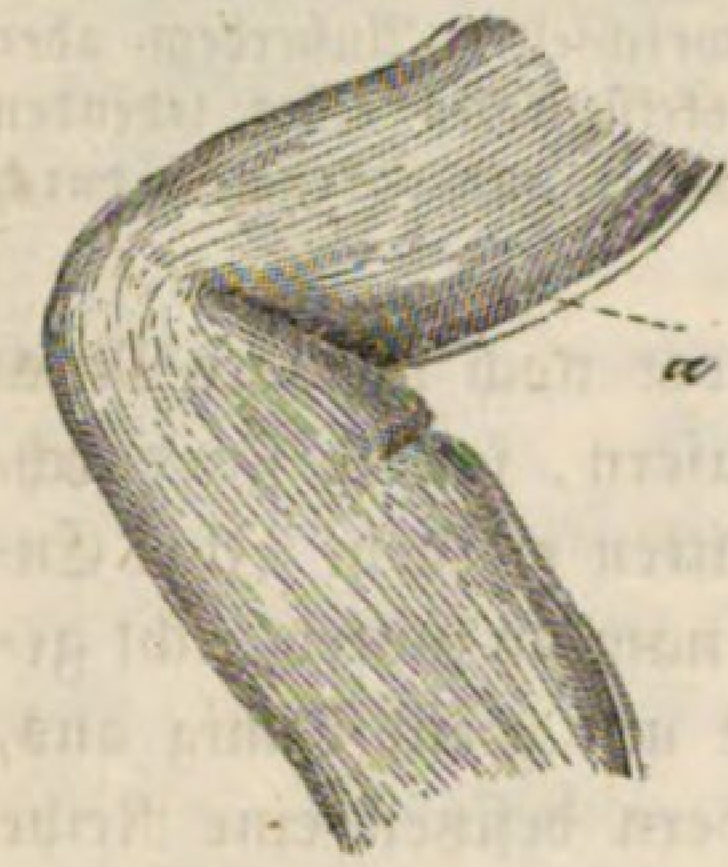
Ein eigenthümliches Verhalten zeigen lebende oder noch reizbare Mus- 623
kelfaſern, ſobald ſie durchſchnitten werden. Ihre Enden nämlich laufen nicht gerade und gleichförmig aus, ſondern beſitzen eine Reihe von Formen, von denen Fig. 15 einige der vorzüglichſten darſtellt. Häufig bietet eine Muskelfaſer an der Schnittfläche eine Umſtülpung, gleich dem Aufſchlag eines Rockärmels dar. Nicht ſelten dagegen hat ſie eine zwiebelartige Verdickung, die entweder nach oben ſpitz zuläuft oder mehr oder minder quer abgeſchnitten iſt. Zwiſchen dieſen beiden Hauptgeſtalten und dem vollkommen paſſiven Verhalten der Muskelfaſer finden ſich noch mannichfaltige Uebergangsformen. Bisweilen ſieht man dann an der Durchſchnittsfläche, daß die Muskelfäden bis zur Mitte der Querſchnittsebene der Muskelfaſer reichen. In manchen Fällen dagegen exiſtirt in Folge der ſtarken Umſtülpung in dem Centrum ein größerer oder kleinerer eingeriſſener Raum, der nach der ferneren Länge der Muskelfaſer hin meiſt mit unregelmäßigen abgeriſſenen Rändern geſchloſſen iſt. Offenbar kann dieſes ganze Phänomen nur dadurch entſtehen, daß ſich die äußeren, mehr nach der Peripherie gelegenen Muskelfäden in der nächſten Nachbarſchaft der Durchſchnittsſtelle ſtärker zuſammenziehen und ſo die Umſchlagung bewirken. Nur wenn ihnen von den inneren Faſern das Gleichgewicht gehalten wird oder wenn dieſe ſtärker an einander kleben, erzeugen ſich jene Mittelformen, deren Anfang die zwiebelartigen Anſchwellungen darzuſtellen ſcheinen. Dieſe bisweilen eintretende energiſchere Zuſammenziehung der weiter nach der Peripherie gelegenen Muskelfäden correſpondirt der früher erwähnten Erſcheinung, daß wir häufig an der Oberfläche der Muskelfaſer Querſtreifen, in der Tiefe oder dem Innern dagegen bloße Längsfäden wahrnehmen.

Fig. 15.

1) Will in Müller's Archiv, 1843. S. 353—64, wo die Zuſammenziehungsverhältniſſe der Muskelfaſern wirbelloſer Thiere überhaupt ſehr genau geſchildert ſind.

624 **Die Einbiegungen der einfachen Hülle der Muskelfaſer**, des ſogenannten Sarcolemma oder Myolemma laſſen ſich am beſten ſtudiren, wenn man eine oder wenige Faſern eines lebenden oder noch reizbaren Muskels iſolirt und unter kaltem Waſſer betrachtet. Bei knieförmig verkürzten Muskeln ſieht man dann, daß jene Scheide a Fig. 16. an dem concaven Winkel des Knies eine Einſchnürung, eine Art von Falte bildet.

Fig. 16.



Dieſe geht in der Regel nicht bis zur Convexität der Biegungsſtelle b durch, ſondern verläuft ſich früher oder ſpäter. Daß ſie aber eine gewiſſe Breite habe, lehrt der Umſtand, daß man bei ſeitlicher Lage der Muskelfaſer, je nach der Einſtellung des Focus, bald einen höhern, bald einen tiefern Bogenabſchnitt derſelben zur Anſicht bekommt. Dieſe Falten entſprechen bisweilen einander in parallel knieförmig gebogenen Faſern dergeſtalt, daß man, wie es ſchon Fig. 13 angedeutet worden, eine fortlaufende, die Kniewinkel halbirende Linie, der nicht ſelten Zellgewebefaſern parallel gehen, wahrnimmt. Häufig hat man auch Gelegenheit, ſolche einſeitige Faltenbildungen zu beobachten, ohne daß ſich eine auffallende knieartige Verkürzung oder Wellenkrümmung der Muskelfaſer darſtellt.

Fig. 17.

Sie gehen dann mehr oder minder kreisförmig herum und geben der Muskelfaſer, wenn ſie in kurzen Entfernungen vorkommen, ein mehr oder minder quergeringeltes Anſehen. Fig. 17. Nicht ſelten bilden ſich auch bei beiderlei Falten an den Enden mehrfache Ausläufer, wie ſie eine ſteife zuſammengelegte Membran immer darbietet.

Die Unterſuchung dieſer Erſcheinungen unter kaltem Waſſer wird deshalb belehrend, weil dieſe Flüſſigkeit manche dieſer Phänomene erſt unter unſeren eigenen Augen offenbar hervorruft. Bisweilen nämlich krümmt ſich eine Muskelfaſer, die noch ſehr reizbar iſt, im Waſſer allmälig herum, ſo wie es z. B. Fig. 18 angedeutet iſt. An den ſtärkſten Biegungsſtellen ſehen wir dann nach und nach die oben erwähnten einſeitigen Einfurchungen entſtehen.

Fig. 18.

In manchen Fällen bewegt ſich die ganze Faſer pendelartig oder wellenförmig oder geräth gleichſam in eine Reihe krampfhafter Convulſionen, welche ſie in ihren aliquoten Theilen nach den verſchiedenſten Richtungen bewegen. An den entſprechenden Stellen erzeugen ſich dann nicht ſelten einſeitige oder durchgehende Furchen des Myolemma. Wirkt aber das Waſſer länger ein, ſo kommt nicht ſelten ein endosmotiſcher Proceß zu Stande. Zwiſchen der durchſichtigen Hülle und der Muskelfaſer ſelbſt ſammelt ſich wahrſcheinlich Flüſſigkeit an. Jene wird daher bauchig hervorgetrieben, bleibt aber an den Einſchnürungsſtellen an der Muskelfaſer haften. Da

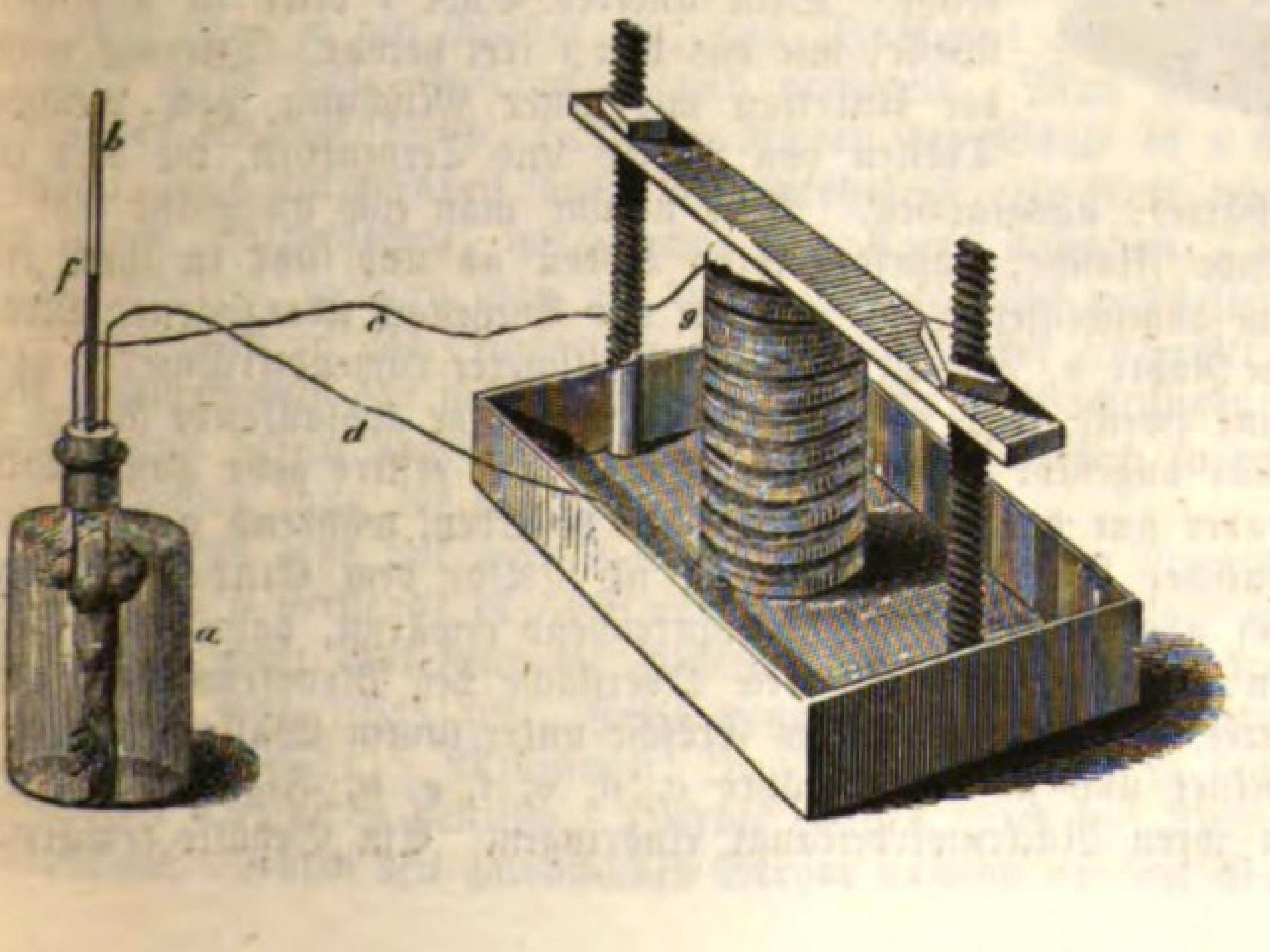
man in dieſen Fällen eine größere Fläche des Sarcolemma von der Muskelfaſer getrennt zur Anſchauung erhält, ſo bemerkt man auch die an der Innenfläche des erſteren aufliegenden Kerne häufiger und deutlicher.

Dieſe Eigenthümlichkeiten der Hülle der Muskelfaſern laſſen eine dop- 625
pelte Deutung zu. Entweder nämlich ſieht man die Einſchnürungen des Myolemma als die Folge einer organiſchen Contractilität, welche daſſelbe beſitzt, an. In ihren Zwiſchenränmen iſt die Membran erſchlafft und kann daher leichter vom Waſſer durchdrungen und ausgedehnt werden. Oder man denkt ſich die Hülle als eine etwas ſtraffe Membran, welche der Muskelfaſer urſprünglich eng anliegt. Contrahirt und krümmt ſich aber dieſe in bedeutendem Maaße, ſo wird auch das Myolemma furchenartig eingefaltet und widerſteht, hier gleichſam eingeklemmt, dem ſpäteren Eindringen des Waſſers. So lange die Zuſammenziehungen der Längenfäden ſo ſchwach ſind, daß entweder nur Querſtreifen oder bloß leiſe Einkerbungen entſtehen, fehlen auch jene Einfaltungen des Myolemma. Nach der erſteren Anſicht beruhten alſo die Veränderungen deſſelben auf activen, nach der letzteren vielleicht wahrſcheinlicheren auf paſſiven Metamorphoſen deſſelben.

Daß die Muskeln, indem ſie bei ihrer Zuſammenziehung an Länge 626
abnehmen, dicker werden, lehrt die tägliche unmittelbare Beobachtung z. B. an dem zweiköpfigen Muskel unſeres Oberarms. Allein eine andere Frage iſt, ob das Volumen trotz dieſer Veränderungen der Durchmeſſer daſſelbe bleibt oder ob eine Condenſation der Muskelſubſtanz dabei Statt findet. Die Erfahrungen von Prevoſt und Dumas und die von Erman ſtehen einander in dieſer Hinſicht entgegen, indem die Erſteren keine Veränderung des Umfanges bei Verſuchen im Kleinen, der Letztere dagegen eine ſolche wahrnahm. Die auf der hieſigen Anatomie angeſtellten Beobachtungen lehrten, daß gar keine Condenſation und überhaupt keine Volumensabweichung irgend einer Art Statt findet.

Um den Verſuch im Kleinen vorläufig anzuſtellen, dient folgende einfache Vorrichtung. Man nehme eine Flaſche a mit ziemlich langem und engem Halſe und paſſe in ſie einen langen und zuvor genau zugeſchnittenen und abgeſchliffenen Kork- oder Bleizapfen ein. Durch dieſen gehen in ſeiner Mitte eine kleine Röhre b von 2 bis 3 Millim. Lumendurchmeſſer u. zwei mit Siegellack überzogene biegſame Kupfer- od. Meſſingdrähte, c und d, die unten bei e hakenförmig gebogen ſind, oben dagegen leicht in irgend eine beliebige Lage gebracht werden können. Der ganze Zapfen wird nun mit Fett und Wachs vollkommen überzogen. Man

Fig. 19.



füllt alsdann das geſammte Fläſchchen mit lauem Waſſer, ſticht die beiden Haken der Drähte c und d in einen friſch präparirten Froſchſchenkel, ſenkt dieſen in das Waſſer und drückt den Pfropfen ſo tief und feſt als möglich ein. Es wird dann die Flüſſigkeit in die Röhre b bis zu dem Niveau f z. B. emporſteigen. Ganz kaltes Waſſer darf deshalb nicht gebraucht werden, weil ſonſt die Reizbarkeit zu raſch ſchwindet. Hat man ſich deſſen genau verſichert, daß keine Luftbläschen in dem Fläſchchen enthalten ſind, ſo reinigt man die freien Theile des Halſes und des Zapfens von etwa noch anhaftender Flüſſigkeit, verſchmiert das Ganze nochmals mit Wachs und Fett, ſtellt das Fläſchchen auf einer horizontalen Ebene feſt und biegt die Drähte ſo, daß man ſie ohne Erſchütterung mit einer kleinen galvaniſchen Säule g in Verbindung zu bringen vermag. Man kann nun, während man durch Einleitung galvaniſcher Ströme Zuckungen im Froſchſchenkel anregt, das concave Niveau f mit einer ſtarken Loupe fixiren und wird finden, daß es durchaus daſſelbe bleibt und weder während der Zuſammenziehungen des Fußes ſinkt, noch während der Erſchlaffung deſſelben ſteigt. Dieſes Experiment beweiſt wenigſtens ſo viel, daß keine erhebliche Condenſation im Augenblicke der Muskelverkürzung eintritt. Zur Beurtheilung von Minimalwerthen eignet ſich der Apparat nicht, weil die in Thätigkeit geſetzte Muskelmaſſe zu klein iſt. Ueberdies hängt bei ihm Alles davon ab, daß die Unterfläche des Zapfens eine möglichſt geringe Ausdehnung habe, nicht elaſtiſch ſei und zwiſchen ihr und dem Waſſer keine Luftbläschen exiſtiren.

Die Annahme von Erman, daß eine geringe Condenſation Statt finde, beruht auf einer Beobachtung, welche an einem Aale angeſtellt worden. Die untere Hälfte des Thieres kam, nachdem die Eingeweide herausgenommen worden, in ein mit Waſſer gefülltes Glasgefäß, welches mit einer dünneren Anzeigeröhre in Verbindung ſtand. Ein Elektrodendraht befand ſich im Rückenmark, ein zweiter in den Muskeln. Bei dem Schließen der Kette ſank die Flüſſigkeit der engeren Röhre um 4—5 Linien und kehrte bei dem Oeffnen derſelben zu ihrem alten Niveau zurück.

Um den Verſuch mit größeren Muskelmaſſen anzuſtellen, diente folgender von Gerber verfertigte Apparat. Man befeſtigt an einen Unterſatz von Pappdeckel a mittelſt Schellack b ſechs rechtwinkelig gebogene Eiſendrähte c, d, e, f, g, h, deren kürzere Aeſte aufrecht ſtehen, während die längeren durch eine Oeffnung des Unterſatzes durchgeführt werden. Dieſe ſechs horizontalen Stücke werden bis auf einen verkürzt und dann zuſammengeflochten, ſo daß wir außer den ſechs Spitzen noch den zuſammengeflochtenen Theil und den Hauptleitungsdraht i haben. Ein zweiter knieförmiger Draht k wird durch eine andere Oeffnung des Pappdeckels durchgeführt und ebenfalls durch Schellack befeſtigt. Er iſt längs ſeines ganzen ſenkrechten Theiles mit Ausnahme ſeines umgebogenen Endes mit Siegellack überzogen und ſo hoch, daß er bis nahe an die obere Wand des bald zu erwähnenden überzuſtürzenden Glaſes reicht. Sein unteres Ende l tritt in ähnlicher Weiſe, wie das von i frei hervor. Hierauf wird der Unterſatz mit einer Miſchung von gleichen Theilen von Wachs und Terpenthin, die bald zu einer ſehr feſten Maſſe erhärtet, ausgegoſſen. Nun nimmt man eine ungefähr 600—800 Cubikcentimeter haltende Flaſche, ſchneidet ihren Boden ab und fügt in ihren erwärmten Hals einen genau abgeſchliffenen und überall mit Siegellack überzogenen Pfropfen ein. Dieſer führt eine Röhre a, Fig. 21. von 3,5 Millimeter Lumendurchmeſſer und 1 Decimeter Länge und eine zweite, nach oben in eine feine Spitze auslaufende Röhre b von gleichem Lumen und nur ungefähr 5 Centimeter Länge. Die erſtere geht ganz durch den Pfropfen, die letztere aber nur durch den obern Theil deſſelben, während unter ihrer Einmündungsſtelle ein coniſcher Raum ausgeſchnitten iſt. Vor dem Einbringen des Zapfens wird der Hals der abgeſchnittenen Flaſche hinreichend erwärmt, damit das Siegellack bei dem Einführen ſchmelze, und die freie Oberfläche des Pfropfens noch mit Siegellack ſorgfältig verkittet. Nun werden ſechs Fröſche unter lauem Waſſer enthauptet, ausgeweidet, abgetrocknet und auf die Drähte c, d, e, f, g, h, Fig. 20. ſo aufgeſteckt, daß dieſe tief in ihren Rückenwirbelcanal eindringen. Ein Gehülfe erwärmt

Fig. 20.

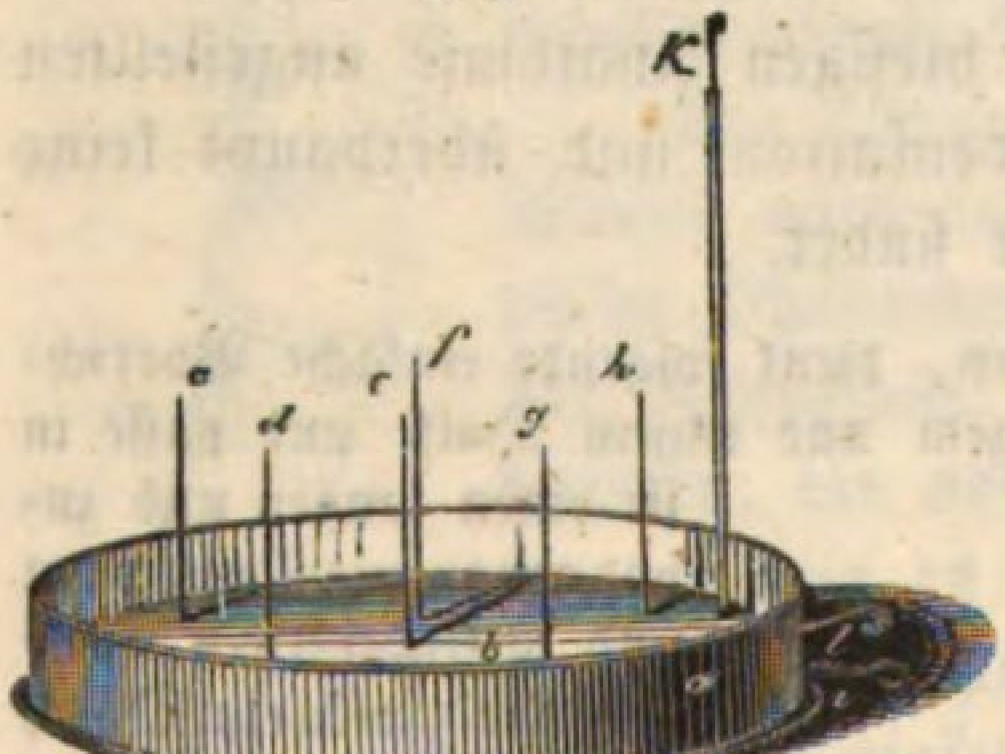
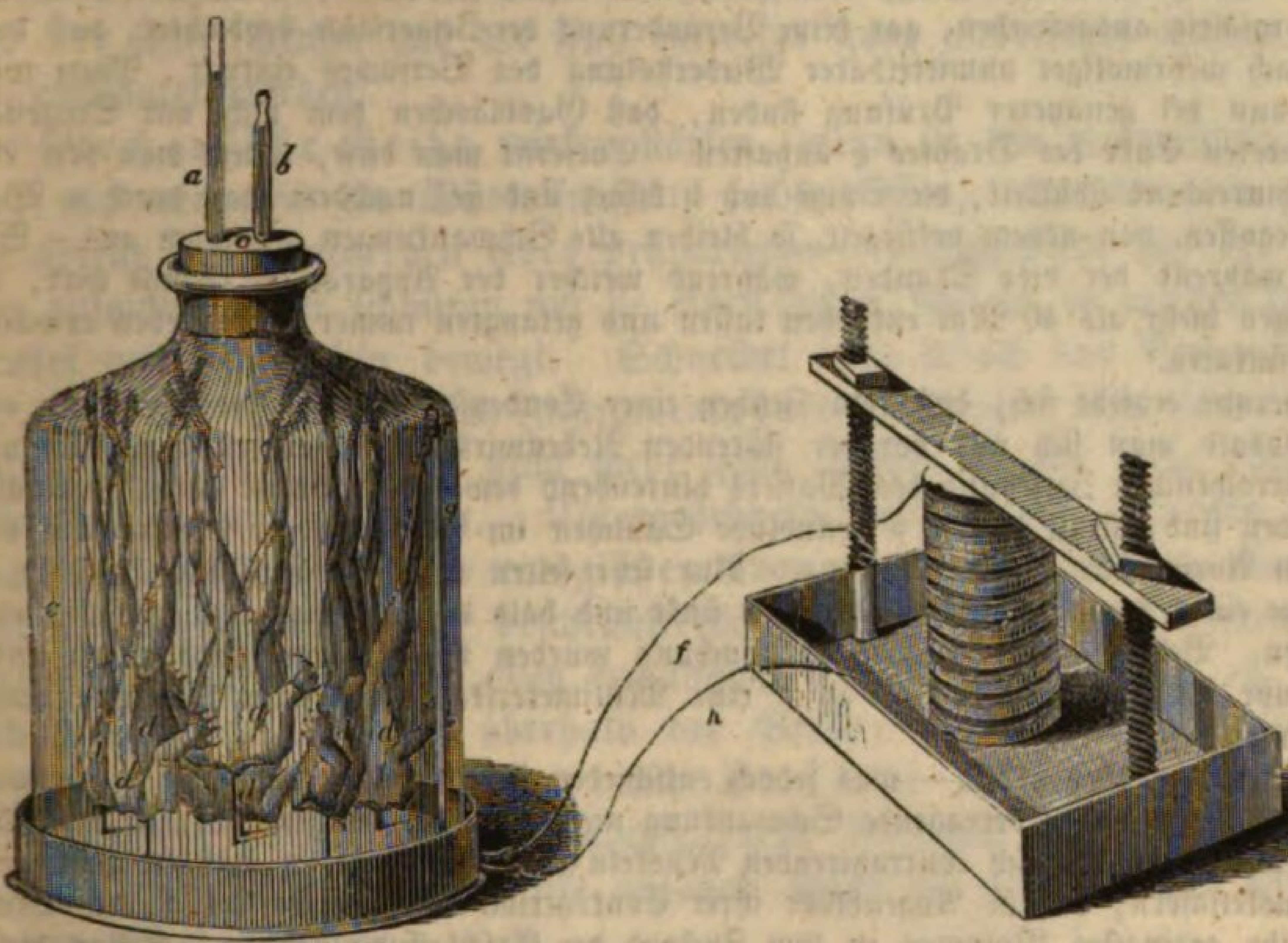


Fig. 21.



unterdeß den unteren Theil der abgeſchnittenen Glasflaſche hinreichend, ſo daß dieſer, wenn er übergeſtürzt wird, die Miſchung von Wachs und Colophonium zum Schmelzen bringt und in ſie eingedrückt werden kann. Nachdem dieſe wieder erſtarrt iſt, füllt man das Ganze durch einen in a eingebrachten kleinen Trichter mit lauwarmem Waſſer ſo vollſtändig, daß die Flüſſigkeitsſäule in a etwas über der Mündung von b zu ſtehen kommt, während durch b die Luft entweicht. Durch Schütteln und Klopfen des Apparates müſſen dann alle Luftbläschen, welche etwa unter dem Zapfen c oder an den Fröſchen d noch anhaften, entfernt werden, bis die Glocke e kein Minimum von Atmoſphäre enthält. Dieſes muß auf das Sorgfältigſte vollführt werden, weil von ihm allein das Reſultat des Verſuches abhängt. Iſt es geſchehen, ſo bringt man den Draht f, welcher dem Drathe g, Fig. 21., oder k, Fig. 20. im Innern entſpricht, mit dem einen, und den h, welcher mit den Fröſchen communicirt, mit einer kleinen galvaniſchen Säule i in Verbindung. Bei dem Schluſſe der Kette ſtrecken ſich die aufgeſpießten enthaupteten Fröſche. Es müßte dann, wenn eine Condenſation Statt fände, die in a befindliche Säule ſinken. Will man ſtärkere Ausſchläge vorbereiten, ſo umwickelt man das freie Ende des Zapfens c und die unteren Theile der an ihm haftenden Röhren a und b mit Leinwand und füllt in a ſo viel Waſſer ein, daß Flüſſigkeit durch die Spitze von b herausläuft. Hierauf wird dieſe abgetrocknet und verſiegelt. Man gießt dann in a ſo viel Waſſer längs der Wände herab, daß das Niveau der Säule in a höher ſteht, als die Spitze von b. Die Anweſenheit dieſer Nebenröhre b erleichtert auch ſehr das Heraustreiben der letzten Luftbläschen, welche etwa dem Korke anhaften. Fangen ſich ſolche in den engen Röhren, ſo kann man mit einem Drahte leicht nachhelfen.

Hat man in das Glasgefäß lauwarmes Waſſer eingefüllt, ſo braucht man ſich mit dem Experimente gar nicht zu beeilen. Unſere Beobachtungen wurden im December angeſtellt und deſſen ungeachtet erhielt ſich die Reizbarkeit in dem geheizten Zimmer über vier Stunden lang auf das vollſtändigſte.

Exiſtiren auch nur wenige kleine Luftblaſen in dem Apparate, ſo ſchwankt die Säule in a, wenn b verſiegelt iſt, bei jeder Contraction um etwas weniger als ½ Millimeter. Bei etwas mehr Luft kann die Differenz bis 2 Millimeter ſteigen. Jedoch tritt dieſes Maximum nur ſelten ein. Fehlt dagegen alle Luft, ſo beträgt die Schwankung nie mehr als ungefähr ¼ Millimeter. Ja ſie mangelt ſogar in den meiſten ganz genau ausgeführten Verſuchen gänzlich. Hierbei werden durch den Verſuch ſelbſt leicht Irrthümer veranlaßt. Durch den galvaniſchen Strom nämlich entſteht Waſſerzerſetzung. Mit jeder

Wiederholung des Schluſſes der Kette häuft ſich alſo ein Quantum Gas in der Flüſſigkeit an. Daher kommt es, daß man häufig im erſten Momente, wenn man eben alle Luft ſorgfältig ausgetrieben, gar keine Veränderung der Zeigerſäule beobachtet, daß dieſe aber nach mehrmaliger unmittelbarer Wiederholung des Verſuches eintritt. Man wird aber dann bei genauerer Prüfung finden, daß Gasbläschen dem nicht mit Siegellack überkleideten Ende des Drahtes g anhaften. Entfernt man dieſe, indem man den Apparat hinreichend ſchüttelt, die Spitze von b öffnet und ſie, nachdem man durch a Waſſer zugegoſſen, von neuem verſiegelt, ſo bleiben alle Schwankungen wiederum aus. Wir haben während der vier Stunden, während welcher der Apparat im Gange war, die Zuckungen mehr als 40 Mal entſtehen laſſen und gelangten immer zu den eben erwähnten Reſultaten.

Hieraus ergiebt ſich, daß kein Zeichen einer Condenſation der Muskelſubſtanz eintritt, ſobald man ſich nur vor der ſtörenden Nebenwirkung der anweſenden Gaſe und der elektrolytiſchen Zerſetzung des Waſſers hinreichend bewahrt. Selbſt wenn Luftblaſen vorhanden ſind, ſteigt das in a befindliche Säulchen im Momente der Contraction und ſinkt im Augenblicke der Erſchlaffung. Nur ſehr ſelten tritt der Fall ein, daß ſie im Anfange einen kaum merklichen Moment ſinkt und bald darauf ſteigt, um ſpäter wieder zu fallen. Behufs der genaueren Unterſuchung wurden die Niveauveränderungen unter der Loupe beobachtet, während an a eine Millimeterſkale in fixirter Stellung angebracht war.

Setzen wir aber ſelbſt — was jedoch entſchieden in Abrede zu ſtellen iſt — voraus, daß die ½ Millimeter betragende Schwankung nicht von den eingeſchloſſenen Luftbläschen, ſondern von den ſich contrahirenden Muskeln ſelbſt herrührte, ſo müßten zuvörderſt die Muskelfaſern, da im Augenblicke ihrer Contraction ein Steigen der Säule Statt fand, ihr geringſtes Volumen in dem Zuſtand der Erſchlaffung beſitzen. Schon dieſes widerſpricht allen übrigen Thatſachen, welche von dieſen Gebilden bekannt ſind. Allein abgeſehen davon iſt jene Schwankung ſo äußerſt gering, daß ſie ſelbſt, wenn ſie exiſtirte, kaum in Betracht kommen könnte. Alle ſechs enthaupteten und ausgeweideten Fröſche hatten ein Volumen von 101,87 Cubikcentimeter. Rechnen wir, daß auch nur die Hälfte ihrer Maſſe Muskelſubſtanz war — eine Schätzung, die offenbar zu gering iſt —, ſo beträgt jene 50,93 Cubikcentimeter. Nun hatte die Säule 3,5 Millimeter Durchmeſſer und 0,5 Millimeter Höhe, folglich $\frac{(3,5)^2 \times \pi \times 0,5}{4} = 4,810$ Cubikmillimeter Volumen. Auf 1 Cubikmillimeter Muskelſubſtanz kämen dann 0,000094 Cubikmillimeter oder ungefähr $\frac{1}{10000}$ Schwankung, d. h. ein ſo kleiner Werth, daß er, wenn er ſelbſt exiſtirte, faſt außer Acht gelaſſen werden könnte.

Nach allem dieſen läßt ſich daher beſtimmt annehmen, daß bei der Contraction der quergeſtreiften Muskeln des Froſches keine Volumensveränderung und am wenigſten eine Condenſation Statt findet.

627 Die eben geſchilderten Contractionserſcheinungen können durch die mannichfachſten *Reize*, welche entweder die Muskelfaſern ſelbſt oder deren motoriſche Nerven oder beide zugleich treffen, hervorgerufen werden. Der Grad der Wirkung aber hängt einerſeits von der Natur und Größe des Irritaments und anderſeits von der Reizempfänglichkeit des Muskels ab. Die in dieſer Hinſicht anzuſtellenden Verſuche fallen natürlich am reinſten aus, wenn die der Prüfung unterworfenen organiſchen Theile von dem übrigen Organismus entfernt und ſo die ſtörenden Nebenmomente des Willens und der unwillkürlichen von dem Centralnervenſyſteme bedingten Einflüſſe eliminirt ſind. Da aber die meiſten Muskeln des Menſchen, der Säugethiere und der Vögel ihre Reizbarkeit ſehr kurze Zeit nach dem Tode oder nach ihrer Trennung von dem lebenden Körper verlieren, ſo bedient man ſich zu ſolchen Beobachtungen am paſſendſten der Reptilien und zwar vor Allem der ſo leicht zu erhaltenden Fröſche. Man bereitet ſich zu dieſem Zwecke am einfachſten einen ſogenannten prä-

parirten Froſchſchenkel, d. h. man ſchneidet an der iſolirten hintern Extremität alle Theile des Oberſchenkels bis auf den Hüftnerven hinweg, während der Unterſchenkel und der Fuß entweder ganz unverſehrt bleiben oder nur enthäutet werden.

Mechaniſche Reize wirken ſtärker, wenn ſie den motoriſchen Nerven, als wenn ſie die Muskelſubſtanz ſelbſt treffen. Drücken wir z. B. eine Stelle des Hüftnerven eines präparirten Froſchſchenkels mit der Pincette zuſammen oder ſchnüren um ſie einen Faden feſt zu, ſo werden Unterſchenkel und Fuß heftig bewegt. Schneidet man jedoch den Nervenſtamm ſehr raſch mit einem ſcharfen Inſtrumente durch, ſo treten nicht ſelten, vorzüglich wenn die Reizbarkeit nicht mehr ganz lebhaft iſt, gar keine oder nur geringere Zuckungen hervor. Untergeordnete Nervenäſtchen erregen unter gleichen Verhältniſſen zwar energiſche, aber minder ausgedehnte Convulſionen, weil ſie nur einer beſchränkteren Provinz von Muskelfaſern entſprechen. Nach den ſchon oben erwähnten Geſetzen der Leitung (§. 583) wird Reizung des Nerven oberhalb der Stelle, an welcher ſchon früher die Continuität ſeines Inhaltes durch Druck oder auf irgend eine andere Weiſe geſtört worden, keine Krämpfe mehr bedingen. Unterhalb dieſes Punktes angebrachte Irritamente dagegen rufen die gewöhnlichen entſprechenden Erfolge hervor. 628

Comprimiren wir die Muskelſubſtanz ſelbſt, ſo bedarf es immer eines ſtarken Druckes und eines noch hohen Grades von Reizbarkeit, wenn bedeutendere Erfolge zum Vorſchein kommen ſollen. In dieſem Falle bleibt es uns aber unbekannt, inwiefern der Effect der angeregten feinern Nervenverbreitungen des Muskels ſelbſt angehört oder nicht. Die Zuckung dehnt ſich zwar über die gedrückte Stelle aus, erſtreckt ſich jedoch nie auf einen ganzen größern Muskel. Uebrigens ſoll die Muskelſubſtanz ſelbſt nach Nyſten [1]) für mechaniſche Reize längere Zeit, als der motoriſche Nerv empfänglich bleiben. 629

Ob iſolirte Muskelfaſern auf mechaniſche Reize lebhaft antworten, ſteht noch dahin. Durch Bedeckung derſelben mit einem dünnen Glasplättchen ſcheinen bisweilen leiſe Contractionen zu entſtehen. Größerer Druck hebt die Wirkung auf. Schaben wir endlich einen bloßgelegten Muskel, z. B. den Gaſtrocnemius eines friſch losgelöſten Schenkels eines enthaupteten Froſches mit einem zugeſchmolzenen Glasſtabe, ſo zeigt ſich bisweilen eine feine Kräuſelung oder eine unregelmäßige Wellenbiegung der oberflächlichen Muskelfaſern. Häufig jedoch bleibt auch dieſe Wirkung gänzlich aus. In jedem Falle aber reagiren die quergeſtreiften Muskelfaſern auf mechaniſche Reize weit localer und ſchwächer, als die zuſammengeſetzten. Nur die des Herzens bilden in dieſer, wie in vielen andern Beziehungen, eine ſpäter zu erwähnende, unerklärliche Ausnahme.

Daß ein luftverdünnter Raum die Contraction nicht augenblicklich aufhebe, lehren die Convulſionen, welche bei Thieren, die im Vacuum 630

---

[1]) P. H. Nystén Recherches de Physiologie et de Chimie pathologiques, pour faire suites à celles de Bichat sur la vie et la mort. Paris, 1817. 8. p. 302.

ſterben, eintreten. Unter comprimirter Atmoſphäre ſchlägt das Herz ſchwächer und verliert endlich ſeine Reizbarkeit gänzlich, ſo daß es ſelbſt in der gewöhnlichen Luft kein Irritament mehr beantwortet (Fontana)[1].

631 Während ſich die Reizbarkeit der Muskeln gegen die Einflüſſe des Lichtes indifferent zu verhalten ſcheint, wird ſie von der Temperatur auf eine weſentliche Weiſe beſtimmt. Im Allgemeinen wirken bedeutende Kälte- oder Hitzegrade ſchädlich oder vernichtend, während eine mittlere Temperatur die Irritabilität begünſtigt und deren Verſchwinden nach dem Tode des Thieres verzögert. Daß bedeutendere Kältegrade die Contractilität lähmen, erfahren wir häufig genug an uns ſelbſt. Durch längeren Aufenthalt im Kalten erſtarren uns z. B. die Muskeln des Geſichtes und des Vorderarmes, ſo daß uns ein leichter mimiſcher Ausdruck, das Schreiben und andere feinere Handarbeiten unmöglich werden. Eine allmälige Erwärmung führt den frühern Reizbarkeitszuſtand wieder zurück. Eingefrorene Fröſche können durch allmäliges Aufthauen die normalen Zuſammenziehungserſcheinungen wieder darbieten. In Betreff der höhern Wärmegrade exiſtirt ebenfalls eine gewiſſe ſcharfe Grenze. Verweilt die Muskelſubſtanz ſelbſt nur eine kurze Zeit in relativ hoch temperirtem Waſſer, ſo wird ſie gekocht, d. h. ſie erſcheint blaſſer und contrahirt ſich in hohem Grade. Dieſer Zuſammenziehungszuſtand vermindert ſich dann nach einer Reihe von Stunden allmälig. So lange er aber dauert, zeigen die Muskelfaſern bei der mikroſkopiſchen Unterſuchung, daß ihre Längsfäden und deren Bündel meiſtentheils vor ihren Querſtreifen auffallend hervortreten. Bisweilen finden ſich auch an der Oberfläche der Faſern mehr oder minder ſtark ausgeſprochene Querrunzeln, welche ſich entweder längs der ganzen ſichtbaren Hälfte derſelben oder nur über einen Theil von ihr erſtrecken. In kochendem Waſſer ſchrumpft die Muskelſubſtanz bedeutend zuſammen. Sobald aber einmal die oben erwähnte Veränderung der Muskelfaſern durch die Einwirkung zu warmen Waſſers zu Stande gekommen, kehrt die Reizbarkeit weder durch allmälige noch durch plötzliche Abkühlung je wieder.

Am einfachſten laſſen ſich wiederum die genannten Verhältniſſe an den losgelöſten und enthäuteten Extremitäten eines vorher enthaupteten Froſches erhärten. Läßt man z. B. einen Fuß deſſelben in der Zimmerwärme bei ungefähr 20° C., während man die andere zwiſchen Eisſtücke legt, ſo wird man finden, daß die Reizbarkeit der letzteren früher, als die der erſteren verſchwindet. Auch über die Einflüſſe der Temperaturveränderung kann man auf dieſe Weiſe anſchauliche Belege erhalten. Die vordere enthäutete Extremität eines großen Froſches, welche einige Minuten in der gewöhnlichen Zimmerwärme gelegen, zuckte ſehr heftig zuſammen, ſobald ſie galvaniſch gereizt wurde. Hierzu diente eine kleine aus 3 Paaren von Zinkkupferplatten von ungefähr 3 Quadr.-Zoll Oberfläche beſtehende Säule, bei welcher ſehr verdünnte Schwefelſäure den feuchten Leiter darſtellte. Nun wurde das Präparat zwiſchen Eis gelegt und blieb jedes Mal genau eine Minute mit dieſem in Berührung. Bei dreimaliger Wiederholung des Verſuches fielen die Zuckungen ſchwächer als früher aus. Nachdem ſich aber alsdann die Muskeln 1 Minute lang in Waſſer von 37°,5 C. aufgehalten hatten, kehrten die alten ſehr heftigen Zuckungen durch den galvaniſchen Reiz wieder. Nach einem abermaligen, 1 Minute dauernden Aufenthalte im Eiſe wurden ſie wiederum bedeutend ſchwächer.

---

[1] Felix Fontana's Beobachtungen und Verſuche über die Natur der thieriſchen Körper. Ueberſetzt von Hatenſtreit. 1785. 8. S. 54.

Hatte das Präparat 1 Minute in Waſſer von 35° C. von neuem verweilt, ſo entſtanden unter den gleichen Einflüſſen heftigere Convulſionen. Nach fernerem Aufenthalte von 1 Minute in dem gleichen Waſſer ſchwand allmählig die Reizbarkeit und hörte zuletzt, nachdem der Vorderfuß 1/2 Minute mit dem Eiſe in Berührung geweſen, gänzlich auf.

Was die Temperaturgrenze, bei welcher die Muskeln des Froſches durch Kochung ihre Reizbarkeit verlieren, betrifft, ſo ergab mir eine Reihe von Beobachtungen, welche ich hierüber anſtellte, daß ein 1 Minute dauernder Aufenthalt in Waſſer von 38° bis 38°,5 C. die Irritabilität noch unverſehrt läßt, ein gleich langes Verweilen in Waſſer von 41° oder 42° C. aber die oben erwähnte Verſchrumpfung der Muskeln auf der Stelle hervorruft und die Reizbarkeit für immer vernichtet. Unterſchenkel und Fuß werden ſo ſtark als möglich geſtreckt; die Zehen weichen auseinander, ſo daß die Schwimmhaut ſtraff ausgeſpannt erſcheint. Der ganze Schenkel kann nur mit Verletzung ſeiner weicheren Theile aus dieſer ſteifen Lage gebracht werden. Dabei iſt ſeine Muskelmaſſe ſehr brüchig und reißt ſelbſt nach geringeren mechaniſchen Verletzungen leicht ein. Nach 4 bis 5 Stunden wird eine mäßige Beugung der Gelenke des Fußes und der Zehen eher möglich. Die Verſuche, durch welche die eben erwähnten Temperaturgrade ausgemittelt wurden, ſind im December an Fröſchen angeſtellt worden, welche in einem warmen künſtlichen Teiche zu Hunderten aufbewahrt ihre volle Lebhaftigkeit wie im Sommer bewahrt hatten.

Afficirt ein gewiſſer Wärmegrad der bewegenden Nerven allein, ſo 632
ruft er ebenfalls Zuckungen hervor. Hierbei kann er aber in zweierlei Weiſe wirken. Entweder nämlich zerſtört er die Nervenſubſtanz, und dieſe beantwortet ihren localen Untergang, wie in allen anderen ähnlichen Verhältniſſen, mit einer Zuckung der entſprechenden Muskeln. Einen ſolchen Fall haben wir z. B., wenn wir einen Nerven mit einem glühenden Drahte berühren. Oder die Wärme wirkt als bloßer einfacher Reiz, ohne daß durch ſie die Irritabilität der Nerven oder des entſprechenden Muskels aufgehoben wird. Es gelingt z. B. bisweilen, heftige Zuckungen des Unterſchenkels und des Fußes eines präparirten Froſchſchenkels in dem Augenblicke zu erhalten, in welchem man den Hüftnerven in Waſſer von 38° C. eintaucht, ohne daß die Irritabilität im geringſten durch dieſen Verſuch geſtört zu werden ſcheint.

Theoretiſch ließe ſich erwarten, daß die Reizbarkeit der motoriſchen 633
Nerfenfaſern wegen des ſonſt ſo delicaten Verhaltens ihres eigenthümlichen Inhaltes ſchon bei einem geringeren Wärmegrade, als die der Muskeln, zu Grunde gehen wird. Allein die Erfahrung ergab mir bei dieſer Beziehung ein anderes Reſultat. Hüftnerven des Froſches, welche in Waſſer von 38° C. eine Minute lang verweilt hatten, behielten ihre Reizbarkeit für mechaniſche Eindrücke auf das vollkommenſte bei. Bei 41° C. dagegen ging ſie nach einem gleich langen Aufenthalte gänzlich zu Grunde. Die Grenze aber war auf dieſe Weiſe dieſelbe, bei welcher die Muskelſubſtanz des gleichen Froſchſchenkels ihre Irritabilität verlor und gekocht erſchien. Wir können daher mit Recht ſchließen, daß die Nervenreizbarkeit der Fröſche wenigſtens dieſelben höheren Temperaturgrade als die Muskelirritabilität aushält.

Um in ſolchen Fällen die Kraft des Nerven zu prüfen, darf man nur mechaniſche oder chemiſche, nicht aber galvaniſche Reize anwenden. Denn es könnten dann noch, da der mit Feuchtigkeit durchdrungene Nerve als bloßer Leiter zu wirken vermag, poſitive Erfolge auftreten, wenn ſelbſt die Reizbarkeit ſchon längſt verſchwunden iſt.

634 Jede Art von **Elektricität**, ſie habe welchen Urſprung ſie wolle, regt die Energieen der motoriſchen Nerven oder der ihnen entſprechenden Muskelfaſern oder beider zugleich zur Thätigkeit an. Nur entſtehen je nach der Beſchaffenheit, Quantität und Schnelligkeit der Bewegung mancherlei Unterſchiede, von denen wir einen Theil in der Nervenphyſiologie genauer kennen lernen werden. Gegenwärtig aber müſſen wir unterſuchen, inwiefern und unter welchen Verhältniſſen durch elektriſche Einflüſſe mannichfacher Natur Bewegungen der Muskelfaſern angeregt werden.

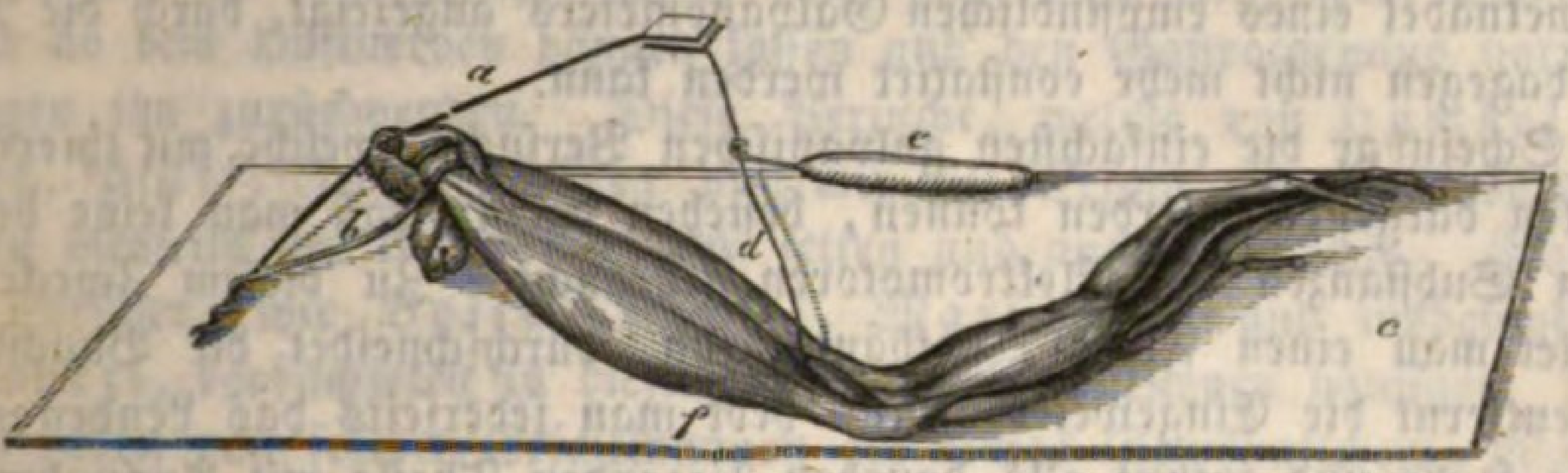
635 Die Reibungselektricität zeichnet ſich proportional durch keine ſehr großen Wirkungen aus. Geringe Quanta derſelben rufen gar keine Effecte hervor. Eine kurz vorher geriebene Siegellackſtange bleibt auf einen friſchen präparirten Froſchſchenkel ohne Einfluß. Die Entladung einer Elektriſirmaſchine oder einer mit ihr verbundenen Leidener Flaſche oder Batterie aber erzeugt im Augenblicke des Durchſchlagens heftige Zuckungen, ſelbſt der ſtärkſten Muskelmaſſen. Stellen wir den Verſuch an uns ſelbſt an, ſo knicken wir, wenn der elektriſche Strom ſtark genug iſt, zuſammen, weil die Streckmuskeln unſrer unteren Extremitäten ihren ſichern Halt verlieren. War die Einwirkung zu ſtark, ſo kann eine lähmungsartige Schwäche der getroffenen Muskeln tage- oder ſelbſt wochenlang zurückbleiben. Zu bedeutende elektriſche Schläge tödten, wie ſchon der Blitz lehrt, augenblicklich.

Von der mediciniſchen Anwendung der Reibungs-, wie der anderen Elektricitätsarten wird in der Lehre von den Nerventhätigkeiten ausführlicher gehandelt werden.

636 Im Gegenſatze zur Reibungselektricität beſitzt die Contactelektricität einen ſehr großen Einfluß auf die Muskelzuſammenziehung. Bei hohen Graden der Reizempfänglichkeit iſt es für die Erzielung einer Contraction überhaupt vollkommen gleichgültig, welche Subſtanzen als Elektromotoren gebraucht werden, weil ſchon der geringſte galvaniſche Strom Convulſionen veranlaßt. Es können daher nicht bloß Ketten organiſcher Theile, z. B. von Muskelſtücken, Muskel- und Sehnen- oder Nervenfragmenten gebraucht werden, ſondern die eigenen nervöſen und muskulöſen Gebilde des Froſchſchenkels ſelbſt, welcher Convulſionen darbieten ſoll, vermögen zum Theil oder gänzlich die Rolle von Erregern zu übernehmen.

637 Wie bedeutend die Empfindlichkeit der motoriſchen Nerven und der Muskeln für ſehr geringe galvaniſche Ströme ſei, lehrt der Umſtand, daß man ſchon durch ein ſehr kleines galvaniſches Plattenpaar ſtarke Convulſionen eines friſchen reizbaren Froſchpräparates zu erhalten vermag. Man ſchneidet ſich z. B. zu dieſem Zwecke ein Kupferplättchen und ein Zinkplättchen von 1 Quadratlinie Oberfläche ſo zu, daß von jedem ein langer Stiel ausgeht, und verbindet beide durch ein Stückchen mit feuchtem Waſſer durchdrungenen Löſchpapiers. Nun applicirt man den Zinkſtiel a (Fig. 22) an den Nerven b eines auf einer trockenen Glastafel c liegenden präparirten Froſchſchenkels. Der Kupferſtiel d iſt mit einem oben mit Siegellack überzogenen oder auch freiem Häkchen e verſehen. Bewegt man nun durch dieſes das Stilett ſo, daß es den Gaſtrocnemius des Froſchſchenkels berührt, ſo erhält man im Momente des Schluſſes der Kette eine dieſe begleitende **Schließungszuckung**. Bleibt d auf f eine Zeit lang lie-

Fig. 22.



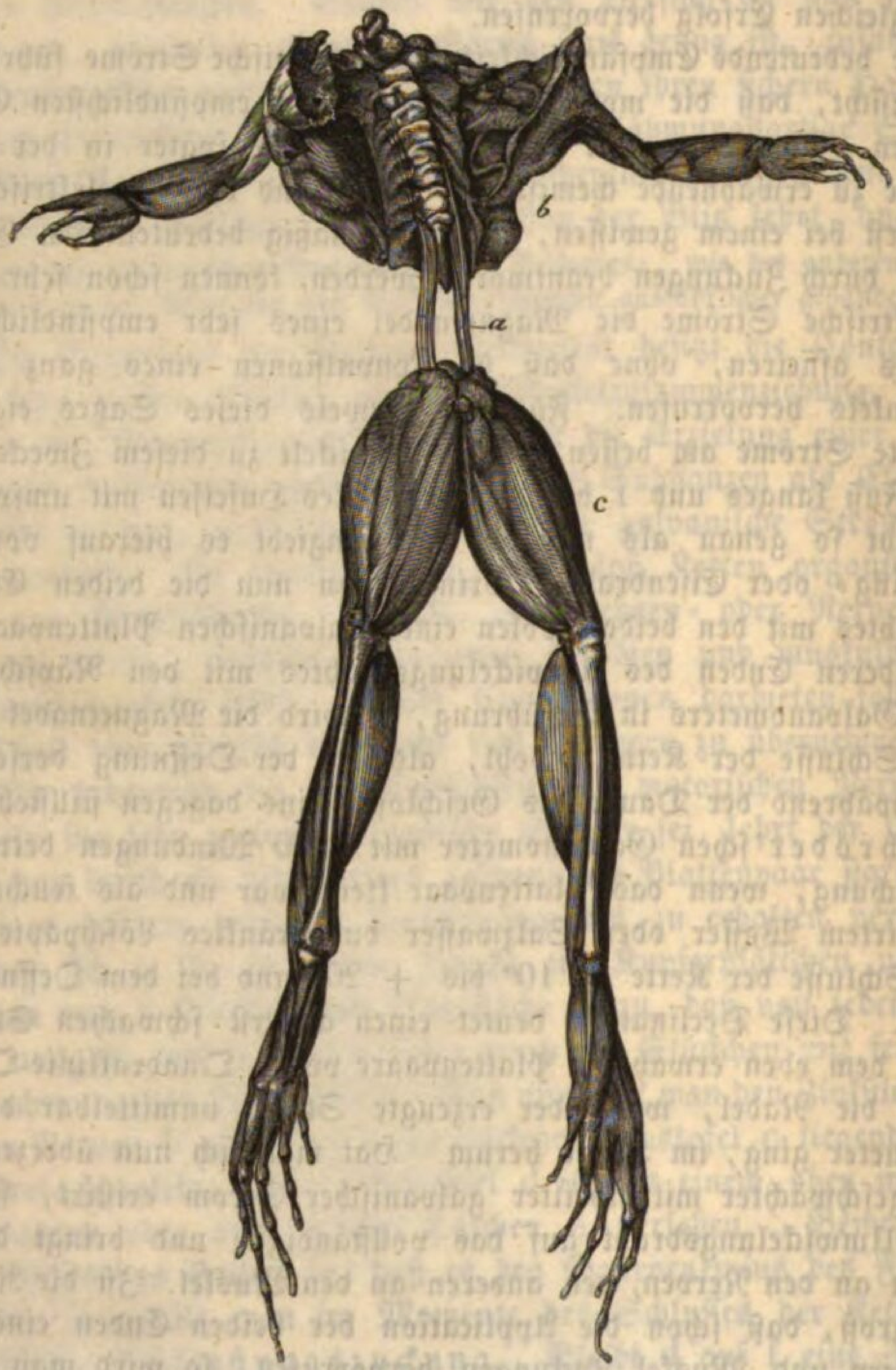
gen und wird alsdann durch das Häkchen e abgehoben, ſo ſtellt ſich bisweilen, doch nicht immer, eine neue Zuckung, welche mit der Oeffnung der Kette zuſammenfällt und daher mit dem Namen der Oeffnungszuckung belegt wird, ein. Selbſt noch kleinere Streifen von Zink und Kupfer können den gleichen Erfolg hervorrufen.

Dieſe bedeutende Empfänglichkeit für galvaniſche Ströme führte früher 638
zu der Anſicht, daß die motoriſchen Nerven die empfindlichſten Galvanometer ſeien. Abgeſehen aber davon, daß manche ſpäter in der Nervenphyſiologie zu erwähnende chemiſch-elektriſche und thermo-elektriſche Strömungen erſt bei einem gewiſſen, verhältnißmäßig bedeutenderen Grade ihrer Größe durch Zuckungen beantwortet werden, können ſchon ſehr ſchwache contactelektriſche Ströme die Magnetnadel eines ſehr empfindlichen Galvanometers afficiren, ohne daß ſie Convulſionen eines ganz reizbaren Froſchſchenkels hervorrufen. Für den Beweis dieſes Satzes eignen ſich mitgetheilte Ströme am beſten. Man umwickelt zu dieſem Zwecke ein ungefähr 1 Fuß langes und 1 bis 2 Linien dickes Hufeiſen mit umſponnenem Kupferdraht ſo genau als möglich und umgiebt es hierauf von Neuem mit Meſſing- oder Eiſendraht. Bringt man nun die beiden Enden des Kupferdrahtes mit den beiden Polen eines galvaniſchen Plattenpaares, die beiden anderen Enden des Umwickelungsdrahtes mit den Näpfchen eines ſenſiblen Galvanometers in Berührung, ſo wird die Magnetnadel deſſelben bei dem Schluſſe der Kette ſowohl, als bei der Oeffnung derſelben abweichen, während der Dauer des Geſchloſſenſeins dagegen ſtillſtehen. Bei einem Schröder'ſchen Galvanometer mit 1800 Windungen betrug dann die Abweichung, wenn das Plattenpaar klein war und als feuchter Leiter mit deſtillirtem Waſſer oder Salzwaſſer durchtränktes Löſchpapier diente, bei dem Schluſſe der Kette + 10° bis + 20° und bei dem Oeffnen — 2° bis — 5°. Dieſe Declination deutet einen äußerſt ſchwachen Strom an. Denn bei dem eben erwähnten Plattenpaare von 1 Quadratlinie Oberfläche dreht ſich die Nadel, wenn der erzeugte Strom unmittelbar durch das Galvanometer ging, im Kreiſe herum. Hat man ſich nun überzeugt, daß ein ſehr geſchwächter mitgetheilter galvaniſcher Strom exiſtirt, ſo reinigt man den Umwickelungsdraht auf das vollſtändigſte und bringt den einen von ihnen an den Nerven, den anderen an den Muskel. Iſt die Reizbarkeit nicht ſo groß, daß ſchon die Application der beiden Enden eines Drahtes an Nerv und Muskel Zuckungen hervorrufen, ſo wird man auch bei

dem obigen Verſuche keine Convulſionen erhalten. Wir haben alſo hier einen ſehr ſchwachen mitgetheilten Strom, welcher noch durch die aſtatiſche Magnetnadel eines empfindlichen Galvanometers angezeigt, durch die Muskeln dagegen nicht mehr conſtatirt werden kann.

639 Scheinbar die einfachſten galvaniſchen Verſuche, welche mit thieriſchen Theilen dargeſtellt werden können, beſtehen darin, daß man keine heterogenen Subſtanzen als Elektromotoren gebraucht. Zu dieſem Zwecke enthauptet man einen Froſch, enthäutet ihn, durchſchneidet die Bauchdecken und entfernt die Eingeweide. Nun hebt man jederſeits das Lendengeflecht in die Höhe und trennt alle daneben liegenden Theile mit Ausnahme der genannten Nervenſtämme, ſo daß ſie allein a (Fig. 23) die Verbindung zwiſchen dem Rumpfe b und den Hinterfüßen c herſtellen. Biegt man nun

Fig. 23.



den Fuß ohne Zerrung der Nerven gegen die letzteren oder eine bequeme Stelle der Rumpfmuskeln zurück, ſo gelingt es in einzelnen Fällen Zuckungen zu erhalten. Auf gleiche Weiſe kann man auch die hintere Extremität nur an dem Hüftnerven hängen laſſen und den Gaſtrocnemius vorſichtig gegen ihn zurückwenden. Dieſe Verſuche, welche von Humboldt, Ritter, Pfaff, Joh. Müller und mir mit Erfolg angeſtellt worden, gelingen diesſeits der Alpen nur ſehr ſelten und ausnahmsweiſe. Italieniſche Forſcher, wie Volta, Nobili, Marianini und insbeſondere Matteucci, beobachteten in dieſem Falle die Convulſionen häufiger. Die letzteren reden von ſolchen Erſcheinungen als etwas Gewöhnlichem. Wahrſcheinlicher Weiſe liegt die Urſache hiervon in der größeren Wärme des italieniſchen Klimas.

Bei dieſen Experimenten gelangt man ſeltener im Winter, als im Frühjahr oder Sommer zu poſitiven Reſultaten, weil die Reizempfänglichkeit um dieſe Zeit größer iſt. Die Erwärmung durch laues Waſſer hilft hier nichts. Ich ließ z. B. friſch präparirte Fröſche, welche die eben genannten Phänomene nicht darboten, einige Zeit (4—5 Minuten) in Waſſer von 36° bis 38° C. liegen, ohne daß hierdurch die Excitabilität erhöht worden wäre.

Schaltet man zwiſchen Nerv und Muskel organiſche Theile deſſelben 640
Thieres oder eines anderen Geſchöpfes ein, ſo erſcheinen bisweilen, jedoch ebenfalls nur unter günſtigen Bedingungen, bedeutende Zuſammenziehungen. Dieſen Fall haben wir z. B. mitunter, wenn wir ein an einem Handgriff von Siegellack befeſtigtes Muskelſtück einerſeits mit dem Nerven und andererſeits mit dem Muskel in Berührung bringen (Al. v. Humboldt, Joh. Müller). Ebenſo kann ein bloßes Stück des Nerven oder ein Syſtem eingeſchalteter Muskelparthieen als Schlußſtück der Kette dienen. Man legt z. B. zu dieſem Zwecke ein Fragment eines Muskels an den Nerven, ein zweites an den Muskel und verbindet beide durch ein drittes Muskelſtück mit einander (Al. v. Humboldt). Endlich erzielte ich in ſeltenen Fällen Convulſionen, indem ich nur den Hüftnerven mit einem Muskelfragmente deſſelben oder eines andern Thieres in Contact brachte. Wurde daſſelbe aber an die Muskelſubſtanz angelegt, ſo blieben die Zuckungen wenigſtens in den mir bis jetzt vorgekommenen Fällen aus.

Bei ſehr großer Reizempfänglichkeit kann man auch ſolche organiſche Ketten dergeſtalt einrichten, daß ihre einzelnen Theile wechſelſeitig auf einander wirken. Man legt z. B. zwei präparirte Froſchſchenkel ſo auf einander, daß der Nerv des einen den Muskel des andern und umgekehrt berührt.

Alle dieſe Verſuche ſind aber keineswegs ſo einfach, wie es auf den 641
erſten Blick erſcheint. Wenn man z. B. den Muskel gegen den Nerven zurückbiegt, ſo wirken die heterogenen Subſtanzen von beiden als Elektromotoren, welche durch die ihnen anhaftende Feuchtigkeit in Verbindung gebracht werden. Die in Circulation geſetzte Elektricität regt den Nerven und dieſer den Muskel an. Im Grunde genommen haben wir daher hier ſchon eben ſo gut eine vollſtändige galvaniſche Kette, als bei allen anderen Experimenten der Art; nur bedarf es eines ſehr hohen Grades von Reiz-

empfänglichkeit, damit das Minimum von Galvanismus, welche in Thätigkeit tritt, durch Zuckungen beantwortet werde.

642 Dieſe Verhältniſſe lehren zugleich, daß der wirkſame organiſche Theil, er ſei Nerv oder Muskel, als ein Elektromotor auftreten kann. Hieraus ergiebt ſich von ſelbſt, daß ein erregendes Element zur Erzeugung von Zuckungen hinzureichen vermag. Die Erfahrung beſtätigt dieſes auf das vollkommenſte. Iſt die Irritabilität ſehr groß, ſo braucht man nur den Hüftnerven eines präparirten Froſchſchenkels ohne alle mechaniſche Zerrung mit einer Kupferplatte zu berühren, um mindeſtens eine Schließungszuckung, in günſtigen Fällen aber überdies noch eine Oeffnungsconvulſion zu erhalten. Bei ſchwächerer Einwirkung dagegen kann die letztere ohne die erſtere auftreten. Metall und Nerv mit dem dem letztern anhängenden Waſſer bilden die Elektromotoren. Der Hüftnerv ſpielt alſo hier die doppelte Rolle eines erregenden und erregten Körpers zugleich.

Seltener gelingt der Verſuch, wenn das Metall an den Muskel allein angebracht wird, am leichteſten und häufigſten hingegen, ſobald das eine Ende des Kupfers oder Zinks den Nerven und das andere den Muskel berührt. Selbſt durchfeuchtetes Papier vermag unter begünſtigenden Verhältniſſen in dieſer Art zu wirken. Taucht man den Hüftnerven in ein Glas mit Waſſer, Unterſchenkel und Fuß dagegen in ein anderes mit gleicher Füllung und verbindet beide Gefäße durch einen befeuchteten Baumwollendocht, ſo ruft man bisweilen Krämpfe hervor (Nobili). Hier kann die Wirkung des Waſſers auf die Baumwolle oder auf die organiſchen Theile das nöthige Quantum von Elektricität frei machen und in Circulation ſetzen.

643 Iſt die Reizbarkeit nicht ſo ſtark, daß die unmittelbare Berührung des Nerven mit einem Metalle eine Schließungszuckung bedingt, ſo erhält man häufig eine Oeffnungsconvulſion, ſobald man den Nervenſtamm eine Zeit lang auf der Metallplatte liegen läßt und ihn dann mit einem Glasſtäbchen oder einer mit Glasſpitzen verſehenen Pincette leiſe abhebt. Der Verſuch gelingt mit Zink, Kupfer, Silber, Platin, Gold und Eiſen. Daß hierbei die Metallplatte von weſentlichem Einfluſſe ſei, kann man leicht ſehen, wenn man ſtatt ihrer eine Glasplatte anwendet. Denn in dieſem Falle fehlen die Zuckungen. Reiben oder Erwärmung des Metalls erhöhen die Wirkung. Die Oeffnungszuckungen ſtellen ſich dann mindeſtens ſicherer ein. Ja ein Froſchſchenkel, der nur dieſe mit derſelben Metallplatte früher darbot, kann nach dem Abreiben der letzteren ſelbſt Schließungsconvulſionen zeigen. Wäſcht man ein reines Platinblech mit Salpeterſäure ab und reibt es alsdann ſorgfältig mit Schmirgel, ſo tritt bisweilen der Fall ein, daß der Schenkel nach dem bloßen Auflegen des Hüftnerven eine Reihe ſich raſch hinter einander wiederholender Krämpfe darbietet. Fehlt aber auch dieſer Erfolg, ſo werden jedenfalls die Oeffnungszuckungen heftiger.

644 Bleibt die Schließungsconvulſion bei der Berührung des Nerven mit dem Metalle aus, ſo erſcheint ſie nicht ſelten, wenn der Nerv von einer gewiſſen mittleren Höhe auf das Metallblech hinabfällt oder mittelſt einer Glasſpitzenpincette vorſichtig an dem Metalle gerieben wird. Daß hier

keine bloß mechaniſche Reizung den Erfolg bedinge, lehrt der Umſtand, daß die Convulſionen mangeln, wenn man ſtatt der Metallſcheibe eine Glasplatte wählt, die übrigen Bedingungen dagegen in derſelben Weiſe eintreten läßt. Ebenſo wird die Zuckung bisweilen hervorgerufen, wenn ſich zwiſchen dem Nerven und dem Metalle ein Waſſertropfen befindet. 645

Wählt man als Elektromotoren zwei Metalle, ſo wird ſich, je nach der Natur derſelben, das eine negativ, das andere poſitiv verhalten. Die phyſiologiſchen Wirkungen müſſen daher auch nach der Beſchaffenheit der Elektromotoren verſchieden ausfallen. Leider beſitzen wir in dieſer Beziehung noch keine hinreichend ſicheren Unterſuchungen, um die Spannungsreihe mit befriedigender Genauigkeit zu beſtimmen. Die bis jetzt vorliegenden Angaben beruhen mehr auf ſubjectiven Schätzungen, als auf hinreichend befriedigenden quantitativen Meſſungen. Nach Ritter nämlich würde rückſichtlich der phyſiologiſchen Wirkungen folgende Skale Statt finden: Kryſtalliſirtes Manganoxyd, Graphit, Palladium, Arſenikkies, Kupferkies, Schwefelkies, Kupfernickel, Zinngraupen, Bleiglanz, Kohle, Silber, Queckſilber, Gold, Platin, Spießglanz, Meſſing, Kupfer, Arſenik, Kobalt, Wismuth, Eiſen, Zinn, Blei und Zink. Dieſe Ueberſicht beginnt mit dem negativſten Erreger und ſchließt mit dem poſitivſten. Die genauer ermittelte, durch Magnetnadel und Condenſator beſtimmte Spannungsreihe dagegen iſt z. B. nach Poggendorff Manganſuperoxyd, Graphit, Platin, Kohle, Bleiglanz, Gold, Tellur, Schwefelkies, Schwefelkupfer, Queckſilber, Nickel, Silber, Chrom, Arſenik, Antimon, Wismuth, Kobalt, Kupfernickel, Magneteiſenſtein, Kupfer, Meſſing, Uran, Stahl, Eiſen, Zinn, Blei, Mangan, Kadmium und Zink.

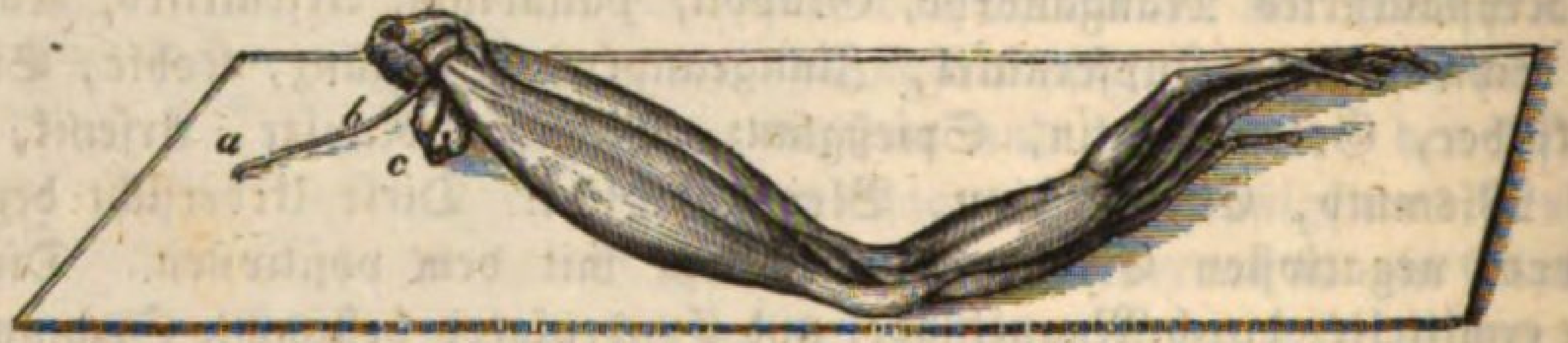
Alle Momente, welche die Stärke des galvaniſchen Stromes vergrö- 646
ßern, vermehren auch wenigſtens bis zu einem gewiſſen Grade die in Folge deſſelben auftretenden Zuckungen. Eine bedeutendere Zahl von Plattenpaaren z. B. ruft in einem Präparate, welches auf eine einfache Kette nicht mehr reagirt, Convulſionen hervor. Sie entſtehen auch häufig, wenn ſtatt bloßen Waſſers eine Auflöſung von Kochſalz oder an der Stelle von dieſer verdünnte Schwefelſäure gewählt wird. Leitungsdrähte von Kupfer oder Eiſen wirken häufig beſſer, als ſolche von Platin oder Meſſing.

Auf gleiche Weiſe können Verhältniſſe, welche in den dem Effecte aus- 647
geſetzten thieriſchen Theilen liegen, den Erfolg verhindern oder begünſtigen. Die trockene Oberhaut übernimmt die Rolle eines Iſolators in hohem Grade. Selbſt eine mit Schleim überzogene Epidermis ſcheint zum Theil in dieſe Kategorie zu gehören. Wenigſtens zuckt ein enthäuteter Froſchſchenkel ceteris paribus viel leichter, als ein mit ſeiner Haut bekleideter. Die dünneren und durchfeuchteteren Epithelien leiſten ſchon einen weit geringeren Widerſtand. Zu viel durchtränkende oder neben den thieriſchen Theilen angehäufte Feuchtigkeit ſchadet leicht dadurch, daß ſie einen unrichtigen Weg des galvaniſchen Stromes veranlaßt und denſelben auf andere Theile, als die dem Verſuche zu unterwerfenden, ausdehnt. Dagegen treten die Reſultate im Allgemeinen um ſo ſtärker hervor, je größere Ober-

flächen der thieriſchen Gebilde von den Elektromotoren oder den Elektroden berührt werden. Der Verſuch verſagt z. B. nicht ſelten, wenn die Poldrähte nur mit ihren Spitzen an den Nerven oder den Muskel angelegt ſind. Er gelingt hingegen, ſobald der Contact mit einer längeren Strecke derſelben zu Stande gebracht wird.

648 Am leichteſten erhalten wir in jedem Falle Convulſionen, wenn die Elektroden den Nerven und den Muskel zugleich berühren. Bei höheren Graden der Irritabilität dagegen gelangen wir eben ſo gut zum Ziele, wir mögen den Nerven allein oder nur den Muskel mit den Poldrähten in Contact verſetzen. Verſchwindet aber die Irritabilität, ſo zeigen ſich häufig Zuckungen, ſobald nur die Muskelſubſtanz den Schluß bewerkſtelligt. Der Grund hiervon liegt darin, daß die Reizbarkeit des Nerven nicht plötzlich, ſondern allmälig und zwar in centrifugalem Laufe aufhört. Wir können

Fig. 24



z. B. bei einem ſolchen Präparate den Theil a b des Nerven ohne allen Erfolg mit den beiden Poldrähten in Berührung bringen, während der Contact mit b c auf der Stelle Zuckungen bedingt. Schreitet aber die Lähmung des Nerven nach den Endſchlingen ſeiner Primitivfaſern fort, ſo muß der galvaniſche Strom, wenn er die Muskelſubſtanz allein durchſetzt, die Enden der motoriſchen Nerven, welche ihre Irritabilität am längſten erhalten, anregen. Es wird dann ſchon aus dieſem Grunde Zuſammenziehung erfolgen. Abgeſehen von dem Reizbarkeitszuſtande iſt jedoch immer hierzu eine gehörige Durchfeuchtung des Muskels nothwendig.

649 Die ſcheinbar verſchwundene Irritabilität kann durch Sammlung von Neuem hervortreten. Leiten wir in den Froſchſchenkel eines lebenden Froſches ſo lange galvaniſche Ströme ein, bis keine Zuckungen mehr erfolgen, ſo brauchen wir das Thier nur kürzere oder längere Zeit ruhen zu laſſen, damit wiederum poſitive Erfolge unter den gleichen Verhältniſſen eintreten. Selbſt an iſolirten Froſchſchenkeln gelingt dieſe Beobachtung vollkommen.

650 Die Einwirkung galvaniſcher Ströme wird auch zum Theil durch die Richtung derſelben beſtimmt. Zuvörderſt äußert ſich dieſes durch die bisweilen auftretenden Erſcheinungen des ſogenannten Marianiniſchen Geſetzes. Nach ihm nämlich ſoll ein poſitiver Strom, wenn er centrifugal, d. h. von dem Nervenſtamme nach den Endſchlingen zu eingeleitet wird, nur bei dem Schluſſe der Kette, ſobald er aber centripetal hindurchgeht, bei dem Oeffnen derſelben Convulſionen hervorrufen. Ein negativer centripetaler Strom dagegen erzeugt Schließungs-, ein centrifugaler Oeffnungsconvul-

ſionen. Da das Nervenagens in den motoriſchen Nerven centrifugal ſtrömt, ſo läßt ſich daher auch das Marianiniſche Geſetz allgemeiner dergeſtalt formuliren, daß ein mit der Strömung des Nervenprincipes gleichläufiger poſitiver Strom bei dem Schluſſe der Kette, ein entgegengeſetzt gerichteter bei dem Oeffnen derſelben Zuſammenziehungen bedingt. Der letztere Fall erklärt ſich leicht durch den Umſtand, daß bei dem Oeffnen der Kette ein umgekehrter Strom in Bewegung kommt.

Nur bei einem gewiſſen mittleren Grade der Reizbarkeit und der Stärke der galvaniſchen Strömung erſcheinen Reſultate, welche den Marianiniſchen Geſetze genügend entſprechen. Iſt die Receptivität der organiſchen Theile ſehr groß oder der galvaniſche Strom zu ſtark, ſo erhalten wir doppelte Convulſionen, eine nämlich bei dem Schluſſe und eine zweite bei dem Oeffnen der Kette. Geht dabei der poſitive Strom centrifugal, ſo iſt die Oeffnungszuckung ſchwächer, als die Schließungscontraction. Findet das Umgekehrte Statt oder dringt ein negativer Strom centripetal ein, ſo erſcheint auch der entgegengeſetzte Erfolg. Bei lebenden Fröſchen läßt ſich häufig beobachten, daß bei centrifugaler Einleitung einer poſitiven galvaniſchen Strömung ſtärkere und ſich häufiger wiederholende Convulſionen entſtehen, als wenn man denſelben Strom centripetal durchtreten läßt. Läßt ſich aber auch noch in dieſen Fällen das Marianiniſche Geſetz oft genug herausfinden, ſo wird es in anderen, wo ſtörende Nebenmomente überdies noch thätig ſind, ganz und gar unkenntlich. Wenn z. B. die Reizempfänglichkeit ſehr gering iſt, ſo kommt bisweilen erſt dann eine Wirkung zu Stande, wenn der galvaniſche Strom einige Zeit eingewirkt hat. Unter ſolchen Verhältniſſen aber können wir, wie man leicht ſieht, bei Einleitung eines poſitiven centrifugalen Stromes keine Schließungs-, wohl aber eine Oeffnungszuckung veranlaſſen. Eine andere Irrung vermag dadurch zu entſtehen, daß ſich der Strom der galvaniſchen Säule nicht gleich bleibt und die Schwankungen oder allmäligen Verminderungen deſſelben bei dem Grade der Reizempfänglichkeit des Präparates einen weſentlichen Einfluß erhalten. Auf dieſe Weiſe wird es dann möglich, daß wir bei einem poſitiven centrifugalen Strome eine Schließungs- und keine Oeffnungszuckung erhalten, wenn die Schlußdauer einige Zeit angehalten hat. Endlich können auch noch die bald zu erwähnenden Voltaiſchen Alternative weſentliche Veränderungen der Reſultate hervorrufen.

Wiederholen wir die Einführung eines poſitiven centrifugalen Stro- 651
mes in einen präparirten Froſchſchenkel eine Reihe von Malen hinter einander, ſo werden die Zuckungen immer ſchwächer, bis ſie endlich ganz und gar aufhören. Hiermit iſt aber die Reizbarkeit des Präparates keineswegs erloſchen. Denn leiten wir alsdann einen poſitiven Strom centripetal ein, ſo entſtehen häufig ſtarke Convulſionen, die bei Wiederholung des Verſuches wiederkehren, früher oder ſpäter aber immer ſchwächer werden und endlich ebenfalls ganz aufhören. Iſt dieſes der Fall, ſo können wir von Neuem Contractionen anregen, wenn wir den poſitiven Strom abermals centrifugal durchführen u. ſ. f. Dieſe Erſcheinung bezeichnet man mit

dem Namen der Voltaiſchen Alternative. Das allgemeinere, ihnen zum Grunde liegende Geſetz läßt ſich aber in folgenden Worten zuſammenfaſſen. Durch anhaltende Wiederholung der Einleitung eines galvaniſchen Stromes in einer beſtimmten Richtung geht die Reizempfänglichkeit des Präparates für jenen allmälig verloren. Dafür aber iſt eine größere oder geringere Receptivität für einen gleichen, aber entgegengeſetzten Strom vorhanden. Hat ſich auch dieſer durch öftere Wiederholung unwirkſam gemacht, ſo zeigt ſich von Neuem ein größerer oder geringerer Grad von Empfindlichkeit für eine entgegengeſetzte Strömung, d. h. für eine ſolche, für welche früher ſchon das Präparat abgeſtumpft geweſen u. ſ. f. Je ſtärker die Irritabilität iſt, um ſo häufiger läßt ſich dieſer Wechſel mit Erfolg wiederholen, um ſo größer werden aber zugleich die Perioden, während welcher das Präparat eine und dieſelbe Stromesrichtung beantwortet.

Auch auf den lebenden Organismus und nicht bloß auf losgelöſte Stücke des todten Körpers findet das Geſetz der Voltaiſchen Alternative ſeine Anwendung. Dieſes lehrt z. B. folgender einfache Verſuch. Man applicire die poſitive Elektrode einer aus 40 bis 50 Zink-Kupferplattenpaaren beſtehenden galvaniſchen Säule an den Rücken, die negative an die Füße eines lebenden Froſches und wiederhole das Oeffnen und Schließen der Kette mittelſt des erſtern Drahtes ſo lange, bis nur äußerſt ſchwache Zuckungen erſcheinen oder alle Convulſionen ausbleiben. Nun lege man die negative Elektrode an den Rücken, die poſitive dagegen an die Füße. Bei Erneuerung der Schließung und Oeffnung erzeugen ſich wiederum bedeutende Convulſionen. Jedoch ſind dieſe meiſtentheils ſchwächer und bleiben auch in der Regel früher, als die durch den poſitiven centrifugalen Strom erlangten Wirkungen aus.

652 So lange nicht die Schließungen einer verhältnißmäßig ſtärkeren galvaniſchen Säule zu raſch hinter einander erfolgen, treten nur momentane Contractionen auf. Befindet ſich die poſitive Elektrode z. B. in dem Rückenmarke eines enthaupteten Froſches, während die negative an die Hinterfüße applicirt wird, ſo werden die letzteren momentan geſtreckt und nach dem Aufhören der Wirkung ſogleich wieder in ihre weniger genirte Beugung gebracht. Wiederholen ſich dagegen die Schläge in ſo kurzen Zeiträumen, daß die Flexionen gar nicht oder nicht vollſtändig zu Stande kommen können, ſo entſtehen Extenſionsſtarrkrämpfe, d. h. die Hinterfüße des Froſches bleiben möglichſt ausgeſtreckt. Nur zittern höchſtens aliquote Partien ihrer Muskeln. Hierbei ſcheint jedoch der Erfolg von der Richtung und der Stärke der Strömung theilweiſe abzuhängen. So ſieht man z. B. bisweilen bei ſchwächeren Säulen bloß momentane Zuckungen, bei ſtärkeren dagegen tetaniſche Extenſionskrämpfe. Dieſe laſſen ſich in manchen Fällen durch einen centripetal eingeleiteten Strom für den Augenblick aufheben. In anderen hingegen mißglückt der Verſuch gänzlich.

Von den genannten, an den Hinterfüßen der Fröſche zu beobachtenden Erſcheinungen ausgehend, hat man die Einführung centripetal gerichteter poſitiver galvaniſcher Ströme als Heilmittel gegen Starrkrämpfe des Menſchen anempfohlen (Matteucci).

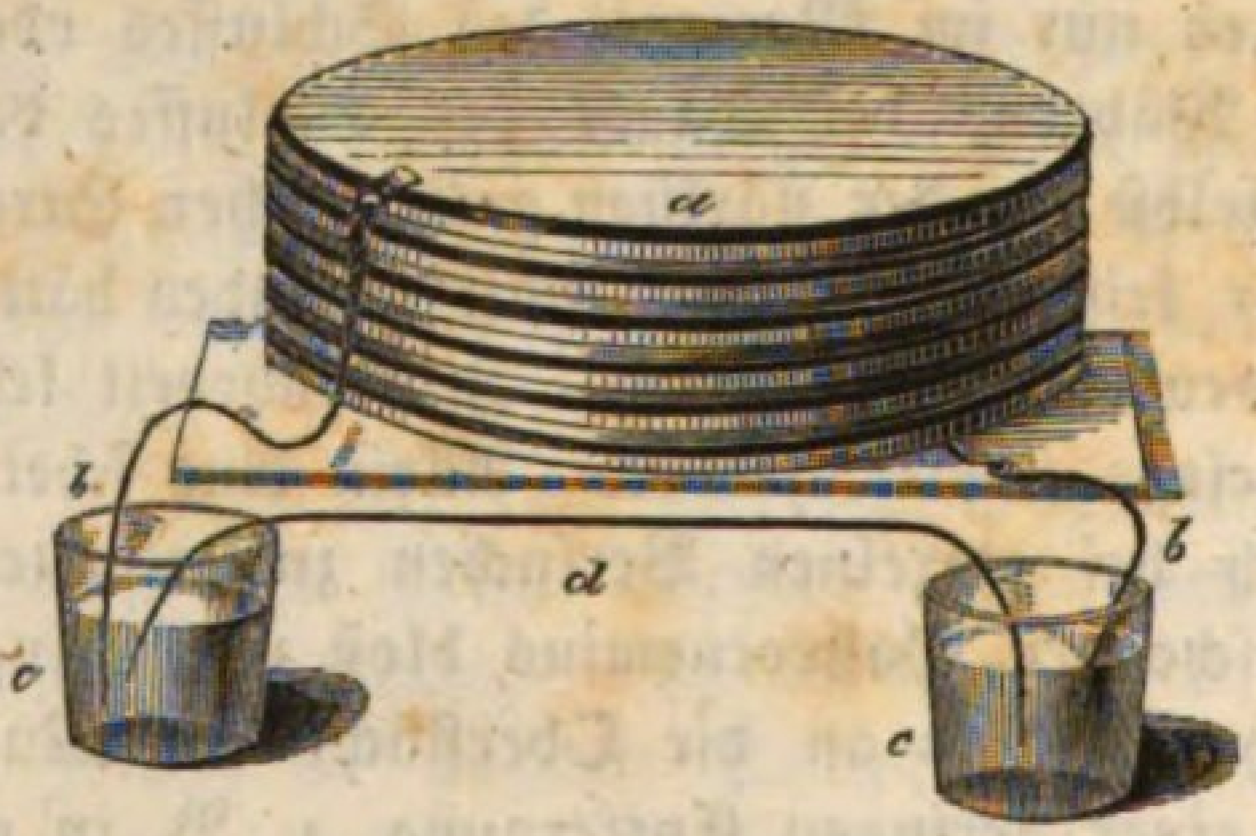
Allein abgeſehen davon, daß dieſe galvaniſchen Verſuche die Grundurſachen, deren bloße äußere Folge der Starrkrampf bildet, aufzuheben außer Stand ſind, fragt es ſich noch ſehr, ob ſelbſt der bei dem Froſche immer nur bisweilen auftretende Erfolg bei dem Menſchen ohne die ſchädlichen Nebenwirkungen ſehr heftiger galvaniſcher Ströme auch nur in Einzelfällen erzielt zu werden vermag, und ob ein Tetanus, der durch keine galvaniſchen Strömungen entſtanden, durch ſolche auch dauernd aufgehoben werden könne. Der Galvanismus bildet hier jedenfalls ein zweideutiges Mittel, das überdies an und für ſich ſchon gefährlich iſt und die für andere therapeutiſche Verſuche ſo koſtbare Zeit unnütz in Anſpruch nehmen kann.

Bei allen Einwirkungen contactelektriſcher Ströme, welche bisher er- 653
läutert worden, treten die Zuckungen nur im Momente des Schluſſes oder der Oeffnung der Kette hervor. Während der Dauer des Schluſſes dagegen verhalten ſich die Muskeln ſelbſt bei der ſtärkſten galvaniſchen Strömung eben ſo ruhig, als wenn gar keine Schließung Statt gefunden hätte, oder gar kein Galvanismus angewendet worden wäre. In Wahrheit kehren dieſe Verhältniſſe als Grundgeſetze immer wieder. Allein eine ſcheinbare Ausnahme hiervon giebt ſich bei einzelnen Verſuchen zu erkennen. Man lege bei einem lebenden Froſche den Gaſtrocnemius bloß und bringe die eine Elektrode einer galvaniſchen Säule an die Oberfläche des Muskels, während man die andere in einer geringen Entfernung, z. B. in einer Diſtanz von ½ bis 1 Linie, von der Muskelmaſſe entfernt hält. Es erſcheinen dann, ſo lange die Verhältniſſe dieſelben bleiben, unaufhörliche Zuckungen vorzüglich der oberflächlicheren Muskelbündel. Drückt man dagegen die zweite Elektrode an die Muskelſubſtanz an oder hält ſie weiter von ihr entfernt, ſo bleibt Alles in Ruhe, ſo lange keine Schließung oder Oeffnung der Kette erfolgt. Schneidet man die Achillesſehne durch, ſo daß ſich die ihrer einen Anheftung beraubte Muskelſubſtanz zurückzieht, ſo ſchwindet das oben erwähnte anhaltende Zittern, wenn ſelbſt der zweite Poldraht ½ bis 1 Linie von der Oberfläche der Muskelfaſern entfernt bleibt. Die Erſcheinung tritt aber von Neuem hervor, ſowie wir die Achillesſehne feſtbinden. Dagegen fehlt ſie oft in jedem Falle, wenn man zwiſchen der Elektrode und der Muskeloberfläche ein Blatt Schreibpapier oder ein Stückchen trockenen oder feuchten Löſchpapiers oder naſſer Leinwand einſchaltet. Bei ſehr großer Reizbarkeit gelingt auch der Verſuch, wenn man den Kupferdraht unter den Muskel ſchiebt und den Zinkdraht dem Hüftnerven möglichſt nahe bringt, ohne daß jedoch eine unmittelbare Berührung Statt findet.

Bei allen contactelektriſchen Erſcheinungen muß der der Wirkung aus- 654
zuſetzende organiſche Theil ein Glied der Kette bilden. Jede Ausnahme hiervon iſt nur eine ſcheinbare. Nehmen wir z. B. einen präparirten Froſchſchenkel, deſſen Nerve durch Berührung mit einem Zinkſtreifen keine Zuckungen hervorruft, ſo entſtehen bisweilen Convulſionen, wenn wir die Elektroden einer größern galvaniſchen Säule durch dieſen Zinkſtreifen verbinden und nun den letzteren mit dem Nerven in Contact bringen. Hier durchſetzt aber der Strom das Nervenſtück eben ſo gut als den Zinkſtreifen und wird auch auf dieſe Weiſe zu dem unmittelbaren Erreger der Muskelzuſammenziehung.

Daß mitgetheilte galvaniſche Ströme, wenn auch in verhältnißmäßig geringerem Grade Muskelzuckungen hervorrufen können, wurde ſchon früher (§. 638) angeführt. Ebenſo kann ein Metall dadurch, daß es eine kurze Zeit als Glied einer geſchloſſenen galvaniſchen Kette gedient hat, befähigt werden, Contractionen zu erzeugen. Am einfachſten ſieht man dieſe bei folgendem Verſuche. Man errichte eine galvaniſche Säule a von 10 Zink-Kupferplatten von 2 Quadratzoll Oberfläche und gebrauche hierbei als feuchten Leiter ſehr dünne Schwefelſäure und als Elektroden lange und ſtarke Platindrähte b b. Die letztern tauchen in zwei mit deſtillirtem Waſſer gefüllte Gläschen c c. Nun nehme man einen präparirten Froſchſchenkel, welcher, wenn man den Muskel und den Nerveu mit einem Platindrahte berührt, keine Zuckungen darbietet, und ſchließe durch jenen Draht d die galvaniſche Kette.

Fig. 25.



Hat er hierzu auch nur eine halbe Minute oder ſelbſt noch kürzere Zeit gedient, ſo wird er auf daſſelbe Froſchpräparat, welches er früher nicht afficirte, einwirken und Zuckungen hervorrufen. Dieſe erſchienen bei meinen Verſuchen am leichteſten, wenn zuerſt das eine (der negativen Elektrode) entſprechende Ende an den Nerven und hierauf das andere an den Muskel applicirt wurde. Geſchah das Umgekehrte, ſo blieben die Convulſionen in der Regel aus. Jedoch beobachtete ich ſie uach hier in einigen Fällen. Man kann den Platindraht auf das ſorgfältigſte abtrocknen, ohne daß er dieſe Eigenſchaft verliert. Ebenſo behält er ſie einige Zeit lang bei. An dickeren Platindrähten verblieb dieſe Eigenthümlichkeit länger, als an ſehr dünnen. Durch Glühen ging ſie immer verloren, erſchieu jedoch, wenn das Metall von Neuem in die Waſſergefäße eingetaucht wurde, wie früher, wieder.

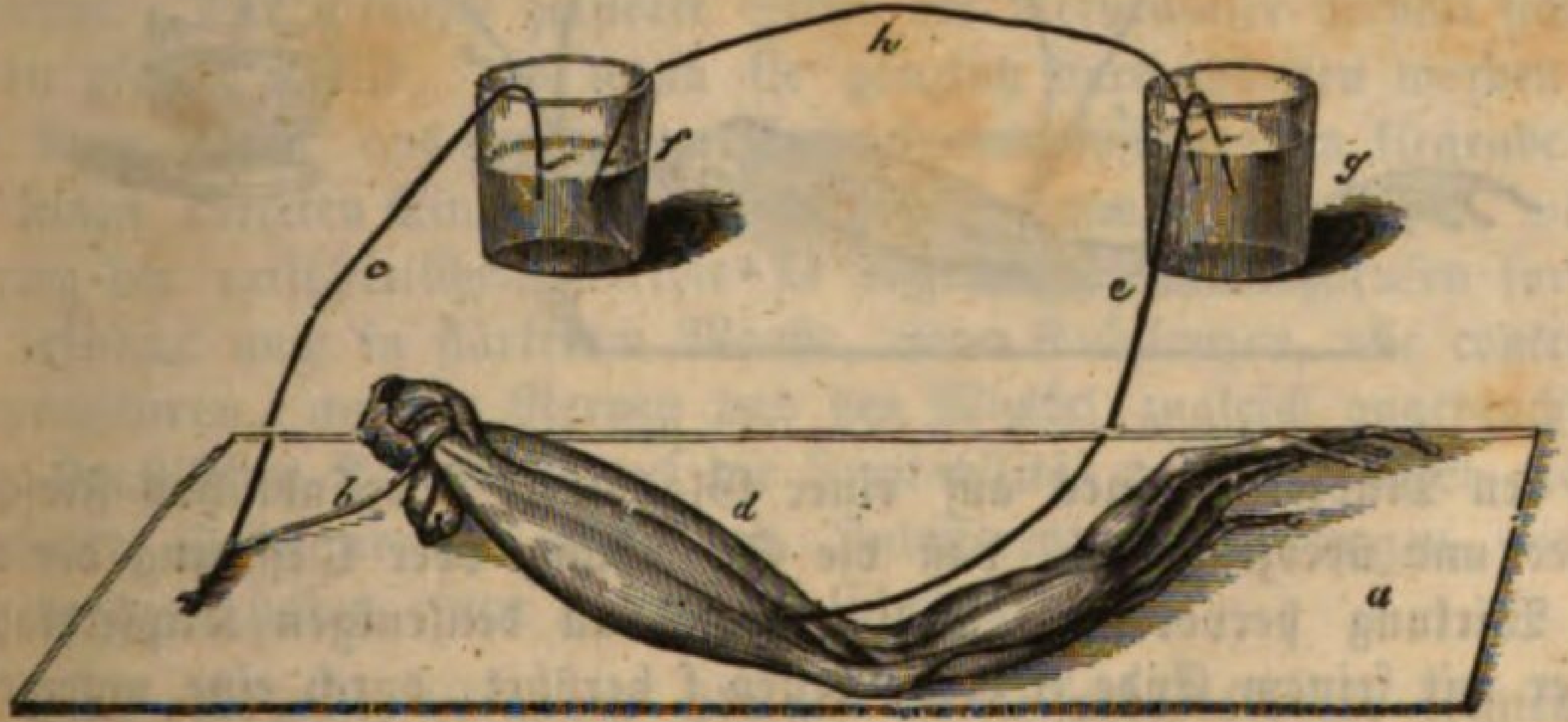
Dieſe Erſcheinung läßt ſich kaum anders erklären, als daß das (ſchlechter leitende) Platin eine Zeit lang die Folgen des galvaniſchen Stromes bewahre. Man könnte zwar auf den erſten Blick annehmen, daß das elektrolyſirte Waſſer, in dem es mit Sauerſtoff- oder Waſſerſtoffgas imprägnirt werde, die Urſache des Phänomens bilde. Allein abgeſehen davon, daß der ſorgfältig abgetrocknete Platindraht ſeinen Effect noch beibehält, tritt dieſer ſchon hervor, wenn ſelbſt noch keine Gasbläschen an den Elektroden wahrgenommen werden. Daß er durch Glühen zu Grunde gehe, erinnert gewiſſermaßen an die Magnete, welche durch elektriſche oder andere Grundwirkungen erzeugt werden.

Dieſelben Reſultate liefern auch mannigfache Abänderungen des Verſuches. Man wählt z. B. einen präparirten Froſchſchenkel, der zwar noch ſehr reizbar iſt, jedoch nicht mehr die Application eines einzigen Metalles an den Hüftnerven durch Zuckungen beantwortet. Nun ſchließt man den oben abgebildeten galvaniſchen Apparat durch einen

Kupferdraht, welcher trocken oder mit deſtillirtem Waſſer an den Nerven angelegt keine Convulſionen bedingt. Hat er eine Zeit lang als Glied der Kette gedient, ſo bleiben dann die Wirkungen nicht aus. Dieſe erfolgen ſogar nicht ſelten, wenn man die Kette anderweitig vervollſtändigt und nur den Kupferdraht in das der poſitiven Elektrode entſprechende Waſſer taucht. Auch Meſſing führte zu ähnlichen Reſultaten. Wählt man einen Froſchſchenkel, deſſen Reactionen ſchon fehlen, wenn man den Nerven mit einem und den Muskel mit einem anderen Platinblech berührt, ſo kommen ſie unter den gleichen Verhältniſſen zum Vorſchein, ſobald die Metallblätter in die oben erwähnten Waſſergefäße eingeſenkt und wieder herausgenommen worden ſind.

Daß chemiſche Einwirkungen durch die ſie begleitenden elektriſchen Ströme die Muskelſubſtanz zu Convulſionen anregen, beweiſt ein von Becquerel angegebener und leicht zu wiederholender Verſuch. Man lege einen präparirten Froſchſchenkel auf eine Glasplatte a und applicire an 656

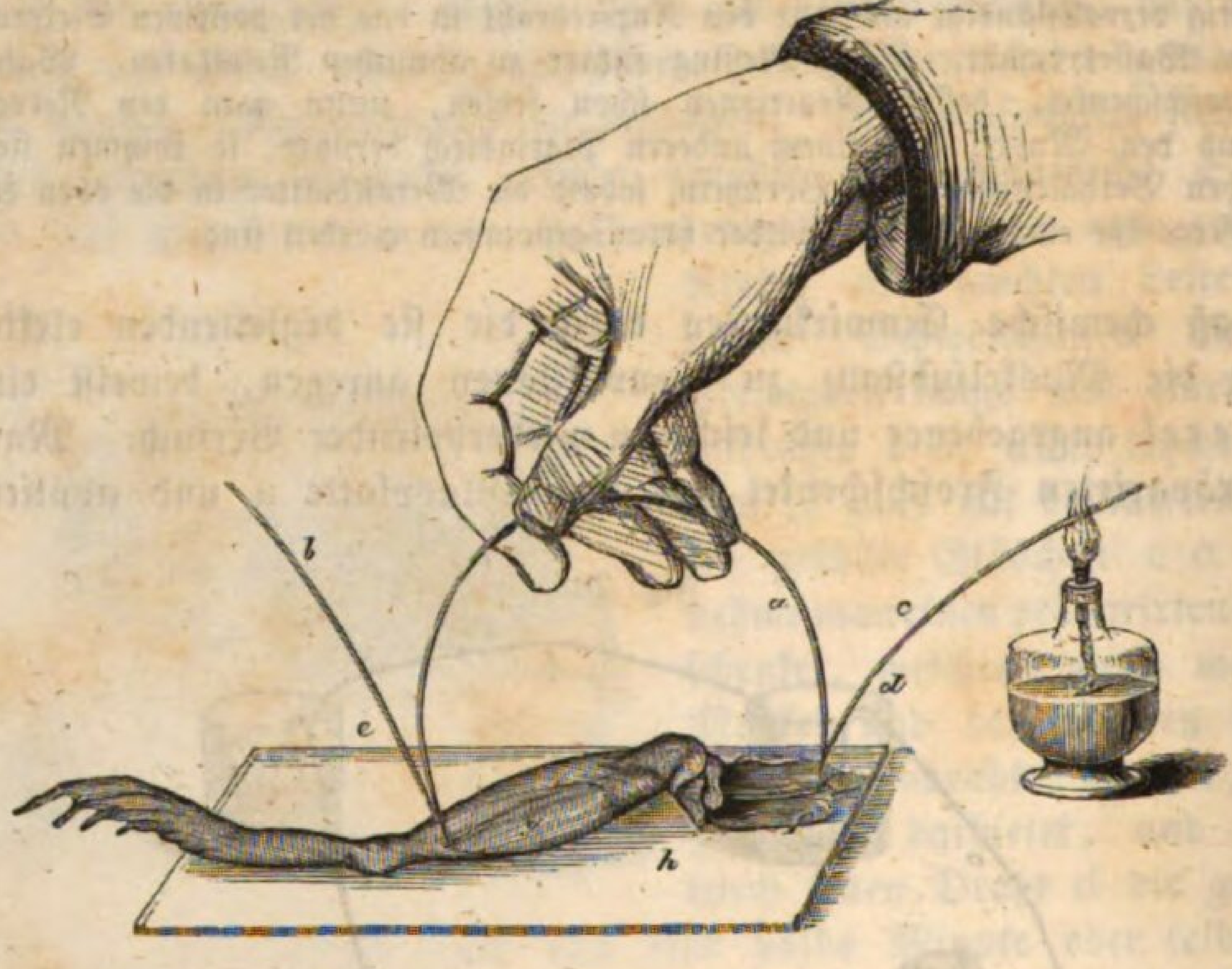
Fig. 26.



den Nerven deſſelben b ein Platinblech c und den Muskel d ein zweites der Art e. Das erſtere Metallblatt c taucht in ein Gefäß f mit ſehr verdünnter Salpeterſäure, das zweite e in ein ſolches g, welches eine ſehr diluirte Auflöſung von kauſtiſchem Kali enthält. Verbindet man nun beiderlei Gefäße durch einen befeuchteten Baumwollendocht, ſo erzeugen ſich ſtarke Zuckungen im Augenblicke des Schluſſes der Kette. Noch einfacher läßt ſich der Verſuch folgendermaßen anſtellen. Man fülle die beiden Gläschen f und g mit bloßem deſtillirten Waſſer und leite die Platinbleche c und e an den Nerven und den Muskel eines Froſchſchenkels, der nicht *mehr zuckt,* ſobald man f und g durch einen Platindraht h vereinigt. Gießt man nun *in* das eine Gläschen nur einige Tropfen Salpeterſäure, ſo erhält man bisweilen ſo ſtarke Zuckungen, daß der Froſchſchenkel von dem Platinbleche hinwegſpringt.

Um zu zeigen, daß auch thermoelektriſche Strömungen die Energieen der Muskelfaſern erregen, biegt man ſich einen ausgeglühten Eiſendraht a, Fig. 27, von 5 Decimeter Länge und 2 bis 3 Millimeter Dicke hufeiſenförmig, löthet an jedes Ende deſſelben einen 3 Decimeter langen und 2 Millimeter dicken Kupferdraht b und c an und ſpitzt die Löthungsenden zu. Man applicirt hierauf die eine Spitze d an den Nerven f, die andere 657

Fig. 27.



e an den Muskel g eines auf einer Glasplatte h befindlichen Froſchpräparates und überzeugt ſich, daß die Schließung oder Oeffnung der Kette keine Wirkung hervorruft. Erhitzt man nun denjenigen Kupferdraht c, welcher mit ſeinem Ende d den Nerven f berührt, durch eine untergeſetzte Weingeiſtlampe, ſo entſtehen bei dem Schluſſe der Kette, noch lange bevor ſich Rothglühen einſtellt, ſtarke Convulſionen, während dieſe bei dem Oeffnen derſelben ausbleiben. Iſt umgekehrt das den Muskel berührende Ende das erwärmtere, ſo fehlen die Zuckungen gänzlich oder erſcheinen nur ſchwach. Da die applicirte Löthungsſtelle, ſelbſt wenn das entgegengeſetzte Ende des Löthungsdrahtes glühend wird, der fühlenden Hand keine weſentlich höhere Temperatur darbietet, ſo erhellt hieraus, daß die thermoelektriſche Wirkung und nicht die Erhöhung der Temperatur allein die poſitiven Reſultate des Experimentes hervorruft.

Minder ſicher iſt ein anderer Verſuch, welcher in dieſer Beziehung von Becquerel angegeben worden. Man rollt die beiden Enden eines Platindrahtes ſpiralig ein, legt einen präparirten Froſch auf ein Platinblech, erhitzt das eine ſpiralige Ende des Drahtes bis zum Rothglühen und applicirt es an die Austrittsſtelle der Nerven des Hinterfußes aus der Wirbelſäule, während man das andere kältere an den Schenkel anlegt. Es entſtehen dann heftige Zuckungen. Geſchieht die Application in umgekehrter Ordnung, ſo erhält man nur ſchwache Convulſionen. Zu dieſer Beobachtung können nur ſolche Präparate dienen, bei welchen die bloße Berührung der Austrittsſtellen der Nerven mit dem glühenden Platindrahte erfolglos bleibt. Allein gerade dieſe Grundbedingung tritt nicht immer ein, ſo daß der Verſuch in dieſer Hinſicht in vielen Fällen nicht concluſiv erſcheint.

658 Endlich werden auch magnetelektriſche Strömungen von Zuſammenziehungen der afficirten Muskelfaſern begleitet. Dieſes können wir an uns

ſelbſt wahrnehmen, wenn wir die beiden Elektroden eines in Thätigkeit begriffenen Magnetelektromotors mit feuchten Händen berühren. Bei Fröſchen erhält man auf dieſe Weiſe ſehr lebhafte Wirkungen und bei raſch auf einander folgenden Schlägen tetaniſche Krämpfe.

Die näheren Verhältniſſe der Wirkungen der Magnetelektromotoren und der Anwendung derſelben zu mediciniſchen Zwecken werden in der Nervenphyſiologie erläutert werden.

Chemiſche Reize ſind ebenfalls geeignet, die Energien der quergeſtreif- 659
ten Muskelfaſern zu wecken. Appliciren wir auf einen motoriſchen Nerven eine Subſtanz, welche wie Alkohol, Aether, Säuren, Alkalien, Sublimat, ſalpeterſaures Silberoxyd u. dgl. die Molecularbeſchaffenheit oder die Zuſammenſetzung des Primitivfaſerinhaltes verändert, ſo wird dieſe örtlich tödtende Einwirkung durch eine Zuckung der entſprechenden Muskeln beantwortet. Die chemiſch zerſtörte Stelle der Nervenfaſer verhält ſich dann auf die gleiche Weiſe, als wenn ſie gänzlich durchſchnitten worden wäre, d. h. der von ihr aus nach dem Centralnervenſyſteme hin liegende Theil übt keinen directen Einfluß auf die Muskelzuſammenziehung aus, während Reizung der peripheriſchen Parthie ſie ungehindert hervorzurufen fortfährt. Sie erſcheint auch in ſtärkerem Maaße, wenn Subſtanzen, wie concentrirte Mineralſäuren, an den Nerven und den Muskel zugleich angebracht werden. Kauſtiſches Kali wirkt auf die Irritabilität noch feindlicher als Salpeterſäure, Salzſäure und Eſſigſäure. Indifferente Verbindungen, wie Kochſalz, dagegen haben einen geringeren Einfluß.

Sehr verdünnte Löſungen chemiſch eingreifender Körper können Contractionen bedingen, ohne daß dadurch die Reizbarkeit verloren geht. Dieſe wird jedoch meiſtentheils durch die anhaltende oder ſich wiederholende Einwirkung ſolcher Subſtanzen immer mehr geſchwächt und zuletzt gänzlich aufgehoben.

Endlich vermag auch die bloße Atmoſphäre Zuckungen anzuregen. Bei friſch getödteten Säugethieren ereignet es ſich ſelten, daß einzelne Muskelfaſern an enthäuteten Stellen lebhaft zittern. Noch ſtärker ſieht man dieſes bisweilen an enthaupteten Menſchen ¼ bis ½ Stunde nach der Hinrichtung. Am auffallendſten aber tritt der Einfluß der Luft an dem Herzen und den an ihm befindlichen großen Gefäßen hervor. Schon Haller fand, daß wenn man Atmoſphäre in die Hohlvene einſpritzt, lebhafte Bewegungen der letzteren und des Herzens ſelbſt zum Vorſchein kommen. Aehnliche Erfahrungen von Nyſten werden wir in der Folge kennen lernen.

Die narcotiſchen Subſtanzen ſcheinen bei örtlicher Anwendung auf den Ner- 660
ven nur dann zu wirken, wenn ſie zugleich den Primitivfaſerinhalt chemiſch angreifen. Legte man bei einem Kaninchen den Hüftnerven bloß, ſchob unter ihn ein Kartenblatt und applicirte auf ihn eine Stunde vorher bereitete und unterdeß in Schnee aufbewahrte Blauſäure, ſo ging die Reizbarkeit der local afficirten Stelle der Nervenfaſern nicht verloren (Kürſch-

ner)[1]. Dieſelbe Erfahrung läßt ſich in Betreff des Strychnin anſtellen. Man enthauptet einen Froſch und ſchneidet alle Theile des Oberſchenkels mit Ausnahme des Hüftnerven los. Nun beſtreut man die Mitte des letzteren rings herum in einer Ausdehnung von 1/4 bis 1/2 Linie mit ſalpeterſaurem Strychnin und gießt einen kleinen Waſſertropfen hinzu. Man wird dann finden, daß nach vollſtändiger Auflöſung des Giftes und completer Imprägnation des Nerven durch die Solution mechaniſche Reizung des oberen Theiles des N. ischiadicus die ſtärkſten und anhaltendſten Convulſionen hervorruft. Der Erfolg bleibt der gleiche, wenn ſelbſt der ganze Nerve in eine laue wäſſerige Löſung des Strychnin getaucht wird oder einige Zeit darin aufbewahrt worden.

Wäſſerige Opiumtinctur verhält ſich auf eine weſentlich verſchiedene Weiſe. Man kann zwar allerdings einen Tropfen Opiumtinctur auf die Mitte des in obiger Weiſe präparirten Hüftnerven bringen, ohne daß die Irritabilität local zerſtört wird. Allein taucht man den Nerven im Ganzen oder ſelbſt nur ein Stückchen deſſelben eine oder wenige Minuten in kalte wäſſerige Opiumtinctur, ſo hört die Reizbarkeit, ſo weit das Reagens örtlich eingewirkt hat, gänzlich auf. Hierbei ſcheint jedoch die Flüſſigkeit nicht ſowohl als Narcoticum, denn als ſcharfe Verbindung zu wirken.

Wird Strychnin auf den Muskel gebracht, ſo verhält es ſich eben ſo indifferent, als wenn es auf den Nerven einwirkt. Wäſſerige Opiumtinctur dagegen lähmt auch unter dieſen Bedingungen. Am deutlichſten ſieht man dieſes bei einem von Henry und Joh. Müller angeſtellten Verſuche, welcher mir bei noch ſo ofter Wiederholung nie mißglückte. Schneidet man nämlich ein noch pulſirendes Froſchherz auf und beſtreicht die inneren Oberflächen der Kammerwandung mit wäſſeriger Opiumtinctur, ſo hört die Zuſammenziehung des Ventrikels augenblicklich auf und kann ſelbſt nicht durch Einleitung ſtärkerer galvaniſcher Ströme wieder hervorgerufen werden. So ſicher aber dieſer Erfolg iſt, ſo wenig bleibt der Herzſch'ag immer oder ſelbſt nur in den meiſten Fällen aus, wenn man ein noch unverletztes reizbares Froſchherz in Opiumtinctur taucht. Berührt dieſe nur die Außenfläche des Organes, ſo erhalten ſich oft die Pulſationen entweder ganz unverändert oder werden nur wenig geſchwächt. Es wird ſich in der Nervenphyſiologie ergeben, daß dieſer Verſuch andeutet, daß hier die Opiumtinctur mehr auf die feineren Nervenverbreitungen im Herzen, als auf die Muskelſubſtanz einwirkt.

661 Die verſchiedenen phyſikaliſch-chemiſchen Einflüſſe wirken auf die Muskelirritabilität mit verſchiedener Energie ein. Am empfindlichſten erſcheint ſie gegen contactelektriſche Ströme, denn dieſe rufen häufig noch an Präparaten Zuckungen hervor, welche mechaniſche und ſelbſt einzelne chemiſche Reize nicht mehr beantworten. Jedoch zeichnen ſich auch anderweitige galvaniſche Strömungen, wie z. B. diejenigen, welche durch wenige, aber ſehr

---

[1]) R. Wagner Handwörterbuch der Phyſiologie. Bd. I. Braunſchweig, 1842. 8. S. 37.

große Platten oder durch die Grove'ſche Säule erregt werden, durch ihre verhältnißmäßig geringen phyſiologiſchen Wirkungen aus.

Alle bisher genannten äußeren Reize rufen im Leben nur bei ſeltener vorkommenden Veranlaſſungen Zuſammenziehungen der quergeſtreiften Muskelfaſern hervor. Den Haupterreger derſelben bilden hier vielmehr die Strömungen des Nervenprincipes oder die Fortpflanzung eines Irritamentes in den motoriſchen Nervenfaſern. Da aber eine Endſchlinge der letzteren einer Gruppe von contractilen Faſern entſpricht, ſo können wir uns die Wirkungsweiſe ſo vorſtellen, daß irgend ein uns unbekanntes Agens im Momente der Circulation des Nervenprincipes in den Nervenenden hervorſtrömt und die Energien der Muskelfaſern nach Art eines Reizes hervorruft. 662

In Betreff dieſes nervöſen Irritamentes gelten nun dieſelben Normen, welche ſchon früher (§. 583) als die Grundgeſetze der vitalen Erſcheinungen angeführt worden. Jede mit einem gewiſſen Wechſel von Thätigkeit und Ruhe verbundene Uebung erkräftigt. Durch fleißiges Gehen z. B. ſtärken wir unſere Bewegungsorgane. Eben ſo wird die Intenſität der Muskelenergie vergrößert, ſobald das Quantum der Kraftanſtrengung das gewöhnliche Mittel überſchreitet, ohne jedoch zu einer anhaltenden Ueberſpannung zu führen. Aus dieſem Grunde wird auch angeſtrengte Arbeit zu dem Erreger einer bedeutenderen Quantität oder Intenſität der Irritabilitätsäußerung. Zu ſtarke oder zu oft und zu raſch wiederholte Kraftübungen erſchlaffen, ſobald nicht die zur Sammlung nöthigen Zwiſchenmomente der Ruhe exiſtiren. Wie überall, ſo vermag daher auch bei den Muskelfaſern durch übermäßige Arbeit ein augenblicklicher größerer Effect auf Koſten der Zukunft erzielt zu werden. Mangel an Uebung hebt die Energie und Reizempfänglichkeit allmälig auf und kann ſo zu gänzlicher Lähmung überführen. Ein Glied z. B., das Jahre lang nicht gebraucht wird, verfällt zuletzt in Paralyſe. Krankhafte Stimmungen der Reizempfänglichkeit endlich beantworten die Irritamente auf keine entſprechende Weiſe. Iſt die Receptivität zu groß, ſo ſind die Wirkungen mäßiger Reize explodirend. Der augenblickliche Effect wird größer. Die Quantität oder die Intenſität des Erfolges iſt momentan verſtärkt. Allein Erſchöpfung oder Lähmung folgen früher oder ſpäter nach. Bei zu ſchwacher Reizempfänglichkeit rufen nur ſtärkere Eingriffe Wirkungen hervor, bis endlich auch dieſe einflußlos bleiben und eine vollkommne Lähmung das Uebergewicht gewinnt.

Die anatomiſche Beſchaffenheit der mit quergeſtreiften Muskelfaſern 663
verſehenen Theile geht häufig den möglichen Größen ihrer Thätigkeitsäußerungen mehr oder minder parallel. Für das freie Auge bilden das Volumen, die Röthe und die Conſiſtenz bei dem Menſchen und den höheren Thieren die deutlichſten Kriterien. Kräftige Muskeln erſcheinen ſtärker, röther und härter als ſchwächliche. Unter dem Mikroſkope treten erſt bei bedeutenderen Graden der Verſchiedenheit der Zuſtände beſtimmtere Differenzen hervor. Das Volumen giebt hier zu gar keinen diagnoſtiſchen Merkmalen Veranlaſſung. Denn der Muskel des kräftigſten Mannes hat

durchſchnittlich dieſelben Maxima und Minima der Breiten von Muskelfaſern wie der des ſchwächlichſten Mädchens. Wenn daher ein geübter Muskel voluminöſer wird, ſo muß, da die Umfangsvermehrung auf keiner bloßen Verſtärkung des Perimyſium beruhen kann, die Zahl der Muskelfaſern zunehmen. Die Verſchiedenheiten der rothen Färbung und der Conſiſtenz aber laſſen ſich unter dem Mikroſkope weit weniger als mit dem freien Auge beurtheilen.

Geht dagegen ein Muskel durch Mangel an Uebung in den Zuſtand der Unbrauchbarkeit über, ſo treten ſo bedeutende anatomiſche Veränderungen der letzten Elemente ein, daß die mikroſkopiſchen Studien erheblichere Früchte tragen. Die blaſſe grauweiße Faſer läßt ihre Querſtreifen minder deutlich erkennen oder bietet dieſelben ſtellenweiſe gar nicht dar. Sie erzeugen ſich auch nicht mehr durch die Einwirkung des kalten Waſſers, des Weingeiſtes oder anderer äußerer Einflüſſe, welche ſie ſonſt ſtärker hervortreten laſſen. Dafür fallen die Längsfäden um ſo mehr ins Auge. Allein auch dieſe beſitzen nicht immer die Schärfe und Feſtigkeit, welche ſie ſonſt in friſchen und geſunden Muskelfaſern beſitzen. Vielmehr erſcheint die Faſer grau und weich. Sie erinnert in hohem Grade an geſunde Faſern, welche ſchon längere Zeit der Einwirkung der Maceration ausgeſetzt worden.

Meiſtentheils, jedoch nicht immer fehlt überdies jene eigenthümliche Beſchaffenheit der Durchſchnittsränder, welchen wir §. 623 an den geſunden Muskelfaſern geſchildert haben.

Offenbar verſchwinden ſpäter zum Theil die auf ſolche Weiſe entarteten Faſern, ſo daß der Umfang des Muskels abnimmt. Dieſe Volumensverminderung wird jedoch wenigſtens in mancher Hinſicht bisweilen dadurch ausgeglichen, daß ſich eine größere Menge Fettes zwiſchen den noch bleibenden Bündeln abſetzt (§. 568). Bei Reptilien dagegen ſcheint eine ſolche Compenſation zu fehlen. Wird der Muskel von neuem geübt, ſo kann er ſeine frühere rothe Farbe, ſeinen Umfang und die normale Beſchaffenheit ſeiner Elementartheile vollſtändig wieder erlangen.

Iſt der Mangel der Zuſammenziehung in Folge der Durchſchneidung des motoriſchen Nerven, der ſich ſpäter nicht wieder erzeugt hat, eingetreten, ſo verändern ſich auch die anatomiſchen Verhältniſſe des peripheriſchen Nervenſtückes auf eine der Desorganiſation der correſpondirenden Muskelfaſern mehr oder minder entſprechende Weiſe. Auf dieſen Verhältniſſen, welche zum Theil ſchon Bd. I. S. 703 berührt worden, werden wir in der Nervenphyſiologie zurückkommen.

664 Die ſchon früher erwähnten Erſcheinungen und die eben erörterten Thatſachen deuten darauf hin, daß die Querſtreifung und ein energiſches Zuſammenziehungsvermögen der mit ihr verſehenen Muskelfaſern Hand in Hand gehen. In der That verläßt uns dieſes Merkmal bei keiner Muskelfaſer, die ſchon ſo weit ausgebildet iſt, daß die Querlinien an ihr hervortreten können. Dagegen ſehen wir in früheſter Embryonalzeit an Blaſtemmaſſen, welche ſich in der Folge zu zuſammengeſetzten Muskelfaſern umbilden ſollen, ſehr energiſche Contractionen hervortreten, bevor noch die Faſern vollkommen entwickelt ſind und Querlinien beſitzen. Das noch

ſchlauchförmige, in ſich umgebogene Herz ſehr junger Embryonen des Hühnchens z. B. zieht ſich ſchon weit früher, als wir eine entſprechende Zahl quergeſtreifter Muskelfaſern an ihm unter dem Mikroſkope wahrnehmen können, mit vieler Energie zuſammen.

Der urſprüngliche Grund dieſer Reizbarkeitserſcheinungen 665
hat zu vielfachen Controverſen Veranlaſſung gegeben. Es fragt ſich nämlich: Iſt die Contractionsfähigkeit eine inhärirende Eigenſchaft der quergeſtreiften Muskelfaſern, welche nur durch das motoriſche Nervenprincip gleich jeder anderen Art von Reiz angeregt wird, oder verdanken die Muskelfaſern ihre Energie den bewegenden Nervenfaſern allein, ſo daß jene als eine bloße Folgeerſcheinung nach der Zerſtörung der letzteren bald aufhört. Haller betrachtete die Zuſammenziehung als eine bloße Folge einer eigenthümlichen Kraft der Muskelfaſer, welche er daher auch mit dem Namen der Muskelirritabilität bezeichnete, und vertheidigte nach dem damaligen Stande der Wiſſenſchaft mit vollem Rechte die Unabhängigkeit dieſer Erſcheinung von dem centralen Nervenſyſteme. Als man ſpäterhin der Nervenphyſiologie eine größere Aufmerkſamkeit zuwandte, ſchien vorzüglich eine Thatſache dafür zu ſprechen, daß die Irritabilität nur eine ſecundäre Folgeerſcheinung der Nervenreizbarkeit und keine primäre, eigenthümliche und inhärente Grundenergie der Muskulatur darſtelle. Iſt nämlich bei einem lebenden Thiere ein motoriſcher Nerv durchſchnitten worden und ſtellt ſich der Verluſt nicht wieder her, ſo bewahren die entſprechenden Muskeln eine Zeit lang ihre Reizbarkeit. Sie vermindert ſich aber allmälig und ſchwindet zuletzt gänzlich, ſo daß ein eingeleiteter galvaniſcher Strom keine Spur von Zuckungen hervorruft. Dieſes Reſultat erhält man in gleicher Weiſe bei Säugethieren wie bei Fröſchen. Nur iſt die Zeit, während welcher die Irritabilität auf Null herabſinkt, nach Verſchiedenheit der Thiere verſchieden. So z. B. hatte ein Kaninchen, dem ein Stück des Hüftnerven ausgeſchnitten worden war, alle Reizbarkeit ſeiner Unterſchenkelmuskeln ſchon nach 5 Wochen verloren. Mechaniſche oder galvaniſche Irritamente oder eine Auflöſung von kauſtiſchem Kali, welche auf das untere Nervenſtück applicirt worden, blieben ohne Erfolg. Auch bei einem anderen Thiere der Art waren die Anregungen des Nerven ſowohl als des Muskels durch mechaniſche Irritamente oder durch ein einfaches galvaniſches Plattenpaar fruchtlos. Bei einem Hunde aber, welchem 10 Wochen vorher ein Stück des Hüftnerven entfernt worden war, regten mechaniſche oder galvaniſche Irritamente, welche das untere Nervenſtück trafen, keine Convulſionen an. Bei unmittelbarer Reizung der Muskelſubſtanz ſelbſt dagegen traten leiſe Zuckungen hervor (Joh. Müller und Sticker) [1]. In anderen Experimenten der Art, welche ebenfalls an Hunden und Kaninchen angeſtellt worden, reagirten die Muskeln ſchon 62 Stunden nach der Operation nicht mehr, man mochte den Antlitznerven als den Erreger der Bewegungen der Geſichtsmuskeln, den Zungenfleiſch-

[1]) Joh. Müller Handbuch der Physiologie. Bd. II. 1837. 8. S. 49. 50. Vergl. auch de functionibus nervorum. Bernae, 1839. 4. p. 122. 123.

nerven als den der Zunge oder den Hüftnerven als den der Muskulatur des Unterſchenkels und des Fußes durchſchnitten haben (Longet)[1]. Bei Fröſchen, an denen ähnliche Verſuche vielfach angeſtellt worden ſind, verſchwindet im Allgemeinen die Reizbarkeit der Unterſchenkelmuskeln ungefähr 1 bis 1½ Monate nach der Durchſchneidung des Hüftnerven oder kurze Zeit darauf. Ehe ſie aber vollkommen zu Grunde geht, nimmt die Verkürzungsfähigkeit der Muskeln allmälig ab, ſo daß die Unterſchiede in den letzten Tagen auffallender werden.

Dem Verluſte der Reizbarkeit gehen organiſche Veränderungen der quergeſtreiften Muskelfaſern parallel. Denn dieſe erleiden allmälig dieſelben Metamorphoſen, welche ſchon früher (§. 663) als die anatomiſchen Folgen anhaltender Lähmung oder Ruhe angeführt worden. Der ganze Muskel erblaßt nicht nur, ſondern verliert auch an Umfang. Ja ſelbſt die Knochen nehmen, wie es ſcheint, an dieſen Verhältniſſen einen wenn auch geringeren Antheil. Bei einem Kaninchen z. B, dem 7 Wochen vorher ein Stück aus dem Hüftnerven der einen Seite ausgeſchnitten worden, wogen die Muskeln des geſunden Gliedes 327 Gran, die des kranken hingegen nur 170 Grn. Tibia und Fibula der nicht afficirten Extremität hatten ein Gewicht von 89 Grn., während das der entſprechenden Knochen der gelähmten Seite 81 Grn betrug (Reid)[2].

Die oben angeführten Verſuche ſchienen zu beweiſen, daß die Integrität der Muskelreizbarkeit an die der entſprechenden motoriſchen Nerven gebunden ſei. Die Nervenphyſiologie lehrt nämlich, daß ein durchſchnittener und auf dieſe Weiſe von dem Centralnervenſyſteme getrennter bewegender Nerve nicht bloß ſogleich für die Leitung von Nervenreizen von dem Centralnervenſyſteme nach der Peripherie untauglich wird, ſondern allmälig die Nervenreizbarkeit ſeines peripheriſchen Stückes in centrifugaler Richtung verliert, daß alſo in dieſer Beziehung das gleiche Geſetz im Leben wie nach dem Tode obwaltet (§. 648). Verſchwindet nun aber auch mit der Irritabilität der motoriſchen Nervenfaſern die Excitabilität der entſprechenden quergeſtreiften Muskelfaſern, ſo wurde dann hieraus gefolgert, daß die letztere nicht für ſich beſtehe, ſondern durch die erſtere erzeugt werde.

Abgeſehen von der Richtigkeit oder Unrichtigkeit dieſes Schluſſes aber wurde bald darauf eine Thatſache veröffentlicht, welche der Deutung jener Verſuche wenigſtens zum Theil eine andere Wendung zu geben im Stande war. Reid[3]) durchſchnitt bei vier Fröſchen die Nerven der Hinterfüße unmittelbar an ihrem Austritte aus dem centralen Nervenſyſteme. Nun wurde die eine der beiden gelähmten Extremitäten täglich durch die Einführung eines galvaniſchen Stromes gereizt. Nach zwei Monaten hatte ſich zwar die Irritabilität in beiden paralytiſchen Hinterfüßen erhalten.

---

[1]) Gazette médicale. Paris, 1841. Fol. Nr. 22. p. 347.
[2]) John Reid On the Relation between Muscular Contractility and the Nervous System. Edinburgh, 1841. 8. p. 9.
[3]) a. a. O. S. 9. 10.

Allein während die Muskeln der bewegten Extremitäten ihre Fülle und Feſtigkeit beibehielten, erſchienen die der ruhig gebliebenen welk und atrophiſch. Es ließ ſich daher, wie es ſchien, annehmen, daß die nicht geübten Füße bei längerer Fortſetzung der Beobachtung ihre Irritabilität vollſtändig verloren haben würden und daß der Mangel an Aeußerungen der Lebensenergie eine weſentliche Urſache der organiſchen Veränderungen der Muskelfaſern nach der Nervendurchſchneidung darſtelle. Nicht dieſe letztere, ſondern ein dieſelbe gewöhnlich begleitender Nebenumſtand rufe das Verſchwinden der Irritabilität hervor. Sie könne daher immerhin noch eine inhärente Eigenſchaft der quergeſtreiften Muskelfaſern bilden.

War aber auf dieſe Weiſe die Beweiskraft der Experimente für die Abhängigkeit der Muskelreizbarkeit von den motoriſchen Nerven in Frage geſtellt, ſo glaubten ſogar andere Forſcher aus ihren Verſuchen gerade das Gegentheil herleiten zu können. Haben wir nämlich bei Fröſchen vor einiger Zeit den Hüftnerven durchſchnitten, ſo tritt vor dem völligen Verſchwinden aller Reizbarkeitsphänomene, wenn die gelähmten Schenkel nicht geübt werden, ein Stadium ein, in welchem ein an den Nervenſtamm angebrachter ſchwacher galvaniſcher Strom keine Zuckungen bedingt. Sie bleiben aber, wenn die Elektroden an den Muskel ſelbſt applicirt werden, keineswegs aus. Man ſchloß daher, daß auf dieſe Weiſe die Muskelirritabilität die Nervenreizbarkeit überlebe und unmöglich von der letzteren abhängen könne (Stannius, Longet)[1]. Bei näherer Betrachtung hingegen ſieht man, daß jene Folgerung ebenfalls nicht ſicher iſt; denn wir wiſſen, daß die Nervenreizbarkeit nicht auf ein Mal, ſondern allmälig und zwar in centrifugaler Richtung verſchwindet. Es bleiben daher die feineren Aeſtchen und die Endverbreitungen der motoriſchen Faſern, welche in der Muskelſubſtanz ſelbſt verlaufen, längere Zeit als der Hauptſtamm des Nerven, welcher dem Centralnervenſyſteme näher liegt, empfänglich. Da nun der durchtretende galvaniſche Strom die ganze Muskelmaſſe mit allen in ihr enthaltenen Theilen, d. h. alſo auch der feineren Nervenverbreitung afficirt, ſo muß vor dem völligen Aufhören aller Excitabilitätserſcheinungen ein Zeitpunkt eintreten, in welchem nur die Durchleitung des galvaniſchen Stromes durch die Muskelſubſtanz im Ganzen, nicht aber durch den Nervenſtamm Convulſionen anregt.

Erlauben aber auf dieſe Weiſe die im Großen angeſtellten Verſuche keine ſichere Entſcheidung der Frage über den urſprünglichen und primären Sitz der Irritabilität, ſo kann das Problem durch Berückſichtigung der unter dem Mikroſkope zu machenden Beobachtungen wenn auch nicht definitiv gelöſt, doch ſeiner endlichen Erledigung ziemlich nahe geführt werden. Auch auf dieſem Gebiete laſſen ſich Thatſachen für und wider anführen. Jedoch ſind dieſe glücklicher Weiſe nicht von gleichem Gewichte, ſo daß eine ſcharfe Kritik derſelben die Unbeſtimmtheit der Folgerungen zu einem großen Theile wenigſtens aufhebt.

---

[1]) Stannius in Froriep's neuen Notizen. 1841. 4. Nr. 418. S. 337—40.

Für die Abhängigkeit der Muskelreizbarkeit von den motoriſchen Nerven wurde die Beobachtung in Anſpruch genommen, daß iſolirte Muskelfaſern, die alſo keine nachweisbaren Nervenprimitivfaſern mehr enthalten, durch eingeleitete galvaniſche Ströme nicht mehr in Zuckungen verſetzt werden können. Allein negative Erfahrungen ſind nie im Stande, definitive Beweiſe zu liefern, weil immer noch die Möglichkeit eines poſitiven Erfolges übrig bleibt. Ueberdies werden ſolche durch andere Reize, z. B durch kaltes Waſſer geliefert. In dieſem nämlich krümmen ſich bisweilen iſolirte Muskelfaſern bogen- oder ſogar ſchlangenförmig, zeigen knieförmige Einknickungen, Einſchnürungen mannichfacher Art in ihrem Sarcolemma und pendelartige Schwingungen. Glückte es noch, hier wurmförmig fortlaufende Zuſammenziehungen hervorzurufen, ſo wäre faſt mit Sicherheit bewieſen, daß äußere Reize, welche nur die Muskel- und nicht die Nervenfaſer treffen, Contractionen bedingen. Da dieſes jedoch bis jetzt noch nicht möglich geworden, ſo läßt ſich nur annehmen, daß höchſt wahrſcheinlicher Weiſe das äußere Irritament, welches die Convulſionen quergeſtreifter Muskelfaſern anregt, nicht erſt auf den motoriſchen Nerven übertragen zu werden braucht, ſondern die Muskelfaſer direct afficiren könne. Das Agens, welches die Strömungen des Nervenfluidum in Bewegung ſetzen, würde dann eben nur als ein Aequivalent eines äußeren Reizes oder als ſolches und ein Unterſtützungsmittel der Erhaltung der vollen Integrität der Reizbarkeit wirken.

Dieſe Anſicht, die Irritabilitätserſcheinungen als eigenthümliche Energieen der quergeſtreiften Muskelfaſern ſelbſt zu betrachten, harmonirt auch mit den Phänomenen der übrigen contractilen Gebilde. Weder die Bewegungen der Flimmerhaare, noch die der Spermatozoen können in Nerveneinflüſſen ihren urſprünglichen Grund haben. Ebenſo gehorchen andere contractile Gewebe unſeres Körpers, wie wir ſpäter ſehen werden, weit eher localen Reizen, welche ſie unmittelbar treffen, als ſolchen, welche ihre Nerven afficiren. Iſt aber die Bewegungsfähigkeit allen dieſen Elementen inhärent, ſo ergiebt ſich, ſo lange es nicht durch Thatſachen definitiv belegt wird, kein beſonderes Motiv, um für die quergeſtreiften Muskelfaſern eine ausnahmsweiſe Abhängigkeit von dem Nervenſyſteme anzunehmen.

666 Das Blut muß, indem es das Ernährungsmaterial der quergeſtreiften Muskelfaſern liefert, einen weſentlichen Einfluß auf die Energien derſelben ausüben. Allein außerdem kann es ebenfalls Erſcheinungen, welche leicht unrichtig gedeutet zu werden vermögen, verurſachen. Schon bei chirurgiſchen Operationen, bei denen größere Arterienſtämme unterbunden werden müſſen, kommt es bisweilen vor, daß die entſprechenden Muskeltheile ſo lange dem Willen weniger gehorchen, als nicht der Collateralkreislauf wiederhergeſtellt worden. Unterbindet man z. B. bei einem Hunde die Bauchaorta, ſo ſchleppt das Thier ſchon eine Viertelſtunde nach der Operation die Hinterfüße nach ſich. Die Muskeln derſelben folgen nicht mehr dem Willen auf eine entſprechende Weiſe (Stenſon, Bi-

ſchat)[1], Emmert). Wird die untere Hohlvene mit einer Ligatur umgeben, ſo ſtellt ſich das gleiche Reſultat ein (Segalas). Hatte ich die Iliaca communis dextra eines 5wöchentlichen Kaninchens dicht an ihrem Urſprunge aus der Aorta unterbunden, ſo ſchleppte das Thier häufig das rechte Bein nach, bewegte es jedoch auch bisweilen auf eben ſo vollkommene Weiſe wie das linke.

Aehnliche Verſuche, welche an Fröſchen gemacht worden, lieferten nicht ganz übereinſtimmende Reſultate. Unterband hier Engelhardt[2]) die Aorta, indem er von hinten her eindrang und ein Stück des Schwanzbeines entfernte, ſo zeigte ſich unmittelbar darauf keine Störung der Thätigkeit der Hinterfüße. Nach 7 Stunden dagegen konnte das Thier nicht mehr hüpfen, ſondern ſich nur kriechend fortbewegen. Hierbei wurden jedoch die Schenkel an den Leib gezogen. Nach Unterbindung der Iliaca an der einen Seite verlor ſich nach 6 Stunden die Fähigkeit, mit dem entſprechenden Fuße zu hüpfen. Wurde dann das Thier 80 Stunden nach der Operation getödtet, ſo hob der geſunde Schenkel, wenn ſeine Nerven galvaniſch gereizt wurden, 50, der kranke hingegen nur 36 Drachmen. In dem letzteren verlor ſich die Irritabilität früher als in dem erſteren. Bei den von mir in dieſer Beziehung angeſtellten Verſuchen blieben ſich die Reſultate nicht ganz gleich. Ein Froſch z. B., welchem nach Oeffnung der Bauchdecken die Aorta unterbunden worden, zeigte in den erſten 3—4 Stunden nach der Operation keine Abweichung in der Bewegung ſeiner Hinterfüße. Allein ſchon 5 Stunden nach der Verwundung ſprang er nicht mehr, ſondern kroch nur und ſchleppte die Beine nach oder zog ſie bisweilen an. Wurde die Haut der hinteren Extremitäten gereizt, ſo reagirte das Thier darauf und bewegte Ober- und Unterſchenkel, jedoch unvollkommener als im geſunden Zuſtande. Galvaniſche Irritamente bewirkten mäßig ſtarke Contractionen. Bei einem anderen Froſche dagegen, dem ich von oben her nach Entfernung eines Stückes des Os coccygis die Aorta unterbunden und auf der linken Seite noch das Hüftgeflecht durchſchnitten hatte, zeigte ſich im rechten Schenkel ſelbſt noch 26 Stunden nach der Operation eine ſolche Beweglichkeit, daß man ſie kaum von dem geſunden Zuſtande unterſcheiden konnte. Dieſelbe Erfahrung machte ich bei zwei anderen Thieren, welche ſogar nach 3—4 Tagen noch ihre Extremitäten bewegten. Jedenfalls tritt alſo bei dieſen Geſchöpfen die Lähmung der Muskeln nach dem Abſchluſſe des Blutes, wenn ſie ſelbſt erſcheinen ſollte, nur langſam und unvollkommen ein.

Dagegen leidet es keinen Zweifel, daß ein Froſchmuskel, welcher im Leben eine Zeit lang kein Blut mehr zugeführt erhält, ſeine Reizbarkeit nach dem Tode früher verliert, als eine Extremität, deren Nerven durchſchnitten worden. Ich trennte z. B. bei einem Froſche an der rechten Seite den Hüftnerven in der oberen Hälfte des Oberſchenkels. An der

---

[1]) S. Bichat Anatomie générale appliquée à la physiologie et à la médecine. Nouvelle Edition. Tome III. Paris, 1812. 8. p. 279.

[2]) Ed. Engelhardt de vita musculorum observationes et experimenta. Bonnae, 1841. 8. p. 7. 8.

linken dagegen wurde an derſelben Stelle die Hauptarterie unterbunden. Alsdann hob man den Hüftnerven heraus, führte unter der Haut um alle Theile des Femur eine Ligatur herum und ſchnürte dieſelbe ſo feſt als möglich zu. Das Thier befand ſich bis zu ſeinem Tode, welcher am 11ten Tage nach der Operation erfolgte, immer in Quellwaſſer. Schon mehrere Tage vor ſeinem Lebensende zeigte es einen auffallenden Durchmeſſerunterſchied ſeiner beiden Unterſchenkel und Füße. Der Diameter des Mitteltheiles des Unterſchenkels der rechten Seite, an welcher der Hüftnerve durchſchnitten worden, betrug 6½ Millimeter, der derſelben Stelle des linken Unterſchenkels hingegen 8½ Millimeter. Dieſer größere Umfang des ſeiner Blutzufuhr beraubten Fußes rührte vorzüglich davon her, daß ſich zwiſchen der äußeren Haut und den Muskeln eine bedeutende Menge einer wäſſerigen Flüſſigkeit angeſammelt hatte. Allein auch die Muskulatur ſelbſt war voluminöſer als die des nervös gelähmten Schenkels. Jene erſchien auffallend roth und zeigte eine Menge größerer und kleinerer Gefäße, welche mit ſtockendem Blute angefüllt waren. Dieſe dagegen ſtellten ſich ſehr blaß dar. Beide Hinterfüße behielten ihre Reizbarkeit mindeſtens 4—5 Stunden nach dem Tode. Allein auf denſelben galvaniſchen Strom reagirten die Muskeln des nervös gelähmten Schenkels faſt durchgehends ſtärker, als die derjenigen Hinterextremität, welche von dem allgemeinen Kreislaufe abgeſchnitten war. Die Muskeln des letzteren ſchienen ſich auch etwas langſamer zuſammenzuziehen. Zuletzt verlor der unterbundene Schenkel ſeine Reizbarkeit gänzlich, während der mit durchſchnittenem Hüftnerven noch deutliche Folgen der Irritabilität darbot.

Bei der mikroſkopiſchen Unterſuchung zeigten die Muskelfaſern des Gaſtrocnemius des nervös gelähmten Fußes keine deutlich nachweisbaren Eigenthümlichkeiten. Daſſelbe war auch bei vielen Faſern des Wadenmuskels der anderen Seite der Fall. Sie boten ſogar häufig die oben §. 623 beſchriebenen Umſchlagsränder ihrer Durchſchnittsſtellen dar und hatten faſt durchgehends deutliche Querſtreifen. Allein bei ſehr vielen von ihnen traten die Längenfaſern auffallend hervor. An einzelnen waren ſie ſo ſchlaff, daß ſie vollkommen wellig gebogenen Zellgewebefaſern glichen. Einige Muskelfaſern endlich lieferten eine Anſchauung, die ich ſonſt bis jetzt noch nicht wahrzunehmen Gelegenheit hatte. Ihre Längsfäden nämlich waren bündelweiſe ſehr regelmäßig knieförmig gekrümmt, ſo daß innerhalb einer einzigen Muskelfaſer genau daſſelbe Bild entſtand, welches ſonſt Gruppen kniеartig verkürzter Muskelfaſern gewähren und das oben §. 620 in Fig. 13 gezeichnet worden iſt. Zu gleicher Zeit iſolirten ſich hier die einzelnen Muskelfaſern bei der Trennung mittelſt Nadelſpitzen weit leichter, als bei geſunden oder nervös paralytiſchen Muskeln gleicher Art. Offenbar war die größere Waſſerdurchtränkung die Urſache dieſer Eigenthümlichkeiten. Die genannten mikroſkopiſchen Beobachtungen geben uns aber den Beweis, daß die erſten organiſchen Macerationsveränderungen der ihrer Blutzufuhr beraubten Muskelſubſtanz ſchon zu einer Zeit eintraten, in welcher die nervös gelähmten Muskeln noch keine irgend nachweisbare Spur derſelben darboten.

Auf indirecte Weiſe beweiſt auch ein von Engelhardt [1]) angeſtellter Verſuch, daß die Irritabilität unter dem ungeſtörten Zufluſſe des Blutes länger anhalte. Bei einem Froſche, bei welchem nach Entfernung eines Stückes des Schwanzbeines die rechte Arteria iliaca unterbunden worden, wurden die Hinterfüße ½ Stunde lang anhaltend galvaniſch gereizt. Im Anfange erſchienen die gleichen Zuckungen in beiden Extremitäten. Allein ſchon 10 Minuten nach dem erſten Einführen des Galvanismus erlahmte der rechte Schenkel. Seine Reizbarkeit nahm allmälig dergeſtalt ab, daß er am Ende der halben Stunde nur leiſe Zuckungen darbot. Die Differenz erhielt ſich auch nach der Enthauptung.

Dieſe Thatſachen erklären, weshalb eine auffallende Muskelſchwäche 667
in Folge tief greifender Ernährungskrankheiten eintritt. Blauſüchtige, bei welchen Lungen- und Körperkreislauf nicht ſcharf von einander geſchieden ſind, bei denen alſo ſchon in den Arterien eine Miſchung von hochrothem und dunkelrothem Blute kreiſt, bieten immer eine geringe Energie ihrer Muskeln dar. Daſſelbe gilt von ſolchen Individuen, deren Blutmaſſe durchgreifendere Zerſetzungsſtörungen erfährt, wie z. B. von ſkorbutiſchen Perſonen, ſolchen, die an Petechien, Faulfiebern u. dgl. leiden, oder von Menſchen, deren Blut zu wäſſerig iſt oder bei denen waſſerſüchtige Ausſchwitzungen in die interſtitiellen Gewebe der Körperorgane Statt gefunden. Kaninchen, Schaafe und andere Thiere, welchen man bedeutendere Waſſermengen in das Blut geſpritzt, verlieren dadurch an Kraft ihrer Muskeln.

Die Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode hängt zunächſt 668
ebenfalls mit den Ernährungszuſtänden auf das innigſte zuſammen. War ein Glied eines Froſches von dem Kreislaufe vollſtändig abgeſchloſſen oder wurden auch nur ſeine Arterien vollkommen unterbunden, ſo verſchwindet die Reizbarkeit früher, als in geſunden Extremitäten. Dagegen erhält ſie ſich länger, wenn nur der venöſe Abfluß des Blutes durch eine Ligatur gehindert worden, der arterielle Zutritt dagegen offen geblieben iſt. Engelhardt [2]) unterband bei drei Fröſchen die Schenkelvene der einen Seite. Im Anfange zogen die Muskeln, deren Blutverhältniſſe ungeſtört waren, ein größeres Gewicht als die, bei welchen dieſelben Bedingungen nicht Statt fanden. Allein ſpäter kehrte ſich das Verhältniß um und diejenige Muskulatur, deren Venen verſchloſſen waren, bewahrten ihre Irritabilät länger, als die geſunden. Wahrſcheinlich rührt dieſes davon her, daß bei der Fortdauer des Druckes des Arterienblutes die Wandungen der Capillaren durch den Verſchluß der Venen eine größere Preſſion auszuhalten hatten, daß daher mehr Ernährungsflüſſigkeit ausſchwitzte und dieſe die Irritabilität länger erhielt.

Bei erwachſenen Thieren, welche durch Lungen athmen, ſcheint die 669
Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode mit der Intenſität des Reſpirationsproceſſes in umgekehrtem Verhältniſſe zu ſtehen. Die Vögel, welche am meiſten athmen, verlieren auch ihre Irritabilität ſehr bald nach dem Ab-

---

1) a. a. O. p. 37. 2) a. a. O. p. 38. 39.

ſterben. Umgekehrt verharrt dieſe bei Reptilien, deren Reſpiration ſehr herabgeſetzt iſt, lange Zeit nach der Enthauptung. Bei decapitirten Schildkröten dauert ſie 8 Tage und mehr. Bei Fröſchen erhält ſie ſich zwar kürzere Zeit, allein immer noch bedeutend länger, als bei Vögeln und Säugethieren. Jene eignen ſich daher auch in hohem Grade zu phyſiologiſchen Verſuchen, welche die Verhältniſſe der Muskelenergien erläutern ſollen. Ob dieſe Differenzen auch bei dem Menſchen nach Verſchiedenheit ſeines Reſpirationsproceſſes wiederkehren, bedarf noch definitiver Unterſuchungen. Ebenſo bleibt zu erforſchen, ob die Verſchiedenheit, welche einzelne Säugethiere in dieſer Hinſicht darbieten, von jener Norm beſtimmt werde. Katzen z. B. verlieren oft ihre Reizbarkeit ſehr bald, während ſie Pferde noch Stunden lang bewahren und Hunde wenigſtens kein ſo ſchnelles Aufhören ihrer Irritabilität, wie andere Fleiſchfreſſer darzubieten vermögen.

670 Junge Säugethiere bleiben längere Zeit nach dem Tode irritabel, als ältere. Dieſes wird nicht durch die eben erwähnte Norm der Reſpiration hervorgerufen. Denn zarte Geſchöpfe frühern Alters athmen zwar abſolut weniger, relativ hingegen ſtärker, als erwachſene. Möglicher Weiſe kann es davon herrühren, daß größere Mengen von Ernährungsflüſſigkeit ausgeſchieden werden. Die Annahme dagegen, daß jene bedeutendere Fähigkeit der Energien dadurch bedingt werde, daß noch die Muskelfaſern blaſſer ſind und an die wenig gefärbten Faſern der Fröſche erinnern, hat mehrere Thatſachen gegen ſich. Denn einerſeits bewahren die rothen Muskeln der Schildkröten ihre Reizbarkeit äußerſt lange und anderſeits verſchwindet dieſe bei einzelnen Fiſchen, die freilich in ſehr kalten Medien leben, früher, als ſich nach einem ſolchen Theorem erwarten ließe. Offenbar exiſtiren in dieſer Beziehung feinere Nüancenunterſchiede der innern Zuſammenſetzung der Muskelfaſern, welche die Chemie bis jetzt noch nicht nachgewieſen hat. Ob umgekehrt die Conſolidation der Muskelfaſern Erwachſener mit der Dauer der Reizbarkeit in entgegengeſetzter Proportion ſtehe, läßt ſich noch nicht beſtimmen.

671 Abgeſehen von dieſen Unterſchieden, welche die Thierart und das Alter hervorrufen, kommen noch zum Theil die Verhältniſſe, unter welchen ſich die quergeſtreiften Muskelfaſern im Leben befanden, in Betracht. Manche Muskeln nämlich bewegen ſich nur dann, wenn gewiſſe zu unbeſtimmten Zeiten eintretende äußere oder innere Veranlaſſungen ihre Thätigkeit anregen, während ſie ohne eine ſolche Vorbedingung ruhen. Andere hingegen bieten in kurzen periodiſchen Zeiträumen von ſelbſt wiederkehrende Zuſammenziehungen dar. In die erſtere Kategorie gehört die Muskulatur des Kopfes, des Rumpfes und der Extremitäten, in die letztere die des Herzens, des Zwerchfelles u. dgl. Der anhaltenden Uebung, welche bei der zweiten Klaſſe Statt findet, entſpricht keineswegs immer genau eine größere Intenſität der Energie, mit welcher die Reizbarkeit nach dem Tode zurückgehalten wird. Denn im Allgemeinen überlebt zwar die Irritabilität einzelner Theile des Herzens die der andern Muskeln. Allein nach ſeinen zahlreichen an 11 Hingerichteten angeſtellten Beobachtungen,

welche ſich in gleicher Weiſe bei Säugethieren beſtätigten, glaubte Nyſten [1]) eine Skale annehmen zu können, nach welcher in aufſteigender Reihenfolge die linke Herzkammer, der rechte Ventrikel (bei dem geſunden Menſchen 1 Stunde nach der Enthauptung), die Speiſeröhre (1½ Stunde), die Rumpf- und die Extremitätenmuskeln, der linke und endlich der rechte Vorhof ihre Thätigkeit verlieren. Der letztere kann ſie dann bis 16½ Stunden nach dem Tode behaupten. Andere Phänomene aber zeigen, daß die Energien des Herzens und zum Theil des Zwerchfelles Eigenthümlichkeiten darbieten, welche ſehr charakteriſtiſch erſcheinen und eine große Tenacität der Reizbarkeit beurkunden.

Zuvörderſt können wir häufig an dem Herzen der Säugethiere oder anderer Geſchöpfe die Erfahrung machen, daß mechaniſche und galvaniſche Einflüſſe keine Reactionen mehr hervorrufen, daß dagegen einige Zeit nach der vergeblichen Anwendung des Reizes Zuſammenziehungen auftreten, welche ſich von ſelbſt periodiſch wiederholen. Ebenſo ſetzt nicht ſelten das Herz einige Zeit nach dem Tode ſeine Pulſationen aus und beginnt ſie ſpäter ſcheinbar ohne äußere Veranlaſſung, oft aber in Folge von Lufteintritt in ſeine Höhlen von Neuem.

Merkwürdiger noch iſt eine andere Reihe von Erſcheinungen, welche man unter dem Mikroſkope wahrnimmt. An feinen Schnitten, welche der Muskulatur des Herzens oder des Zwerchfelles entnommen worden, beobachtet man bisweilen von ſelbſt erfolgende und von Zeit zu Zeit wiederkehrende Zuſammenziehungen iſolirter Bündel quergeſtreifter Muskelfaſern, ohne daß irgend ein deutlicher Reiz auf ſie eingewirkt hatte. Denn das Phänomen tritt eben ſo gut ohne Befeuchtung mit Waſſer, als unter einer nicht weſentlich reizenden Flüſſigkeit auf. Desgleichen ſcheint nicht der mechaniſche Druck, welchen ein aufgelegtes Glasplättchen verurſacht, die veranlaſſende Urſache deſſelben zu bilden. Ob aber der vermöge der Trennung der Muskelfaſern verurſachte Reiz die erſte Anregung giebt oder nicht, ſteht dahin. Bei Hunden beobachtete ich die Thatſache 3—4 Stunden nach dem Tode, nachdem das Herz im Ganzen ſchon längſt ſtill geſtanden und für Zuckungen im Großen unempfindlich geworden. Bei verſchiedenen Säugethieren und Vögeln verfolgte ſogar Remak [2]) die Erſcheinung im Herzen bis 48, in dem Zwerchfell von Kaninchen bis 24 Stunden nach der Tödtung. In den Beobachtungen des letzteren Forſchers hatte Zerſtörung des centralen Nervenſyſtemes oder Durchſchneidung des Zwerchfellnerven auf dieſe molecularen Zuckungen des Diaphragma keinen nachweisbaren Einfluß.

Alle äußern Einwirkungen, welche die Reizbarkeit im Leben herabſetzen, 672 vermindern auch im Allgemeinen die Dauer derſelben nach dem Tode. Jedoch müſſen Verſuche, welche man in dieſer Beziehung anſtellt, mit der größten Vorſicht ausgeführt werden. Denn eine Menge nicht genau

---

[1]) P. H. Nysten Recherches de Physiologie et de Chimie pathologiques. Paris, 1817. 8. p. 321.

[2]) Müller's Archiv, 1843. S. 183 u. 186.

zu berechnender Nebenmomente, wie die Einwirkungen des Alters und des frühern Geſundheitszuſtandes der Thiere, der Temperatur, der Atmoſphäre u. dgl. können die Irritabilität erhalten oder herabſetzen, ohne daß dieſer Erfolg dem in Frage geſtellten Agens zukommt. Nur ganz auffallende und beſtändige Reſultate dürfen daher hier als bedeutungsvoll angeſehen werden.

Schon die Atmoſphäre wirkt der Fortdauer der Irritabilität entgegen. Muskeln, welche der Luft ausgeſetzt waren, verlieren eher ihre Reaction, als ſolche, welche von benachbarten Weichgebilden bedeckt bleiben. Die verſchiedenen Athmungshinderniſſe zeigen in dieſer Beziehung, wenn ſie den Tod verurſachen, verſchiedene Eigenſchaften. Bei Thieren, welche durch Chlor, Waſſerſtoff, Kohlenwaſſerſtoff oder ſchweflige Säure erſtickt worden, läßt ſich keine Abweichung von den gewöhnlichen Verhältniſſen wahrnehmen. Daſſelbe gilt von ſolchen Geſchöpfen, welche im luftverdünnten Raume, durch Eintauchen in Queckſilber oder durch Strangulation ihr Leben verloren haben (Hallé). Jedoch ſchien die Reizbarkeit des Herzens bei anderen Verſuchen, in denen die Thiere durch den Strang oder durch das Athmen in nicht erneuerter Luft oder in Stickſtoff getödtet waren, im Anfange geſchwächt zu ſein. Wurden die Blutgefäße bei dem Oeffnen der Leichen geſchont, ſo daß keine Luft in das Herz eindrang, ſo verlor ſich bisweilen die Irritabilität von dieſem früher, als die der Muskulatur des Rumpfes und der Extremitäten (Nyſten) [1]. Erſtickung durch Kohlenſäure ändert die Excitabilität nur momentan, während ſie durch ſolche von Kohlendunſt, Ammoniak und vorzüglich durch Schwefelwaſſerſtoff in auffallendem Maaße und bleibend herabgeſetzt wird (Hallé). Nach der Vergiftung durch die zuletzt genannten Gasarten verſchwand ſie am Herzen ſchon innerhalb einer Stunde, dauerte aber am Rumpfe und an den Extremitätenmuskeln länger fort (Nyſten) [2].

673 Alle bald zu nennenden Gaſe regen im Anfange, wenn ſie in die Herzhöhlen eingeſpritzt werden, eine momentane Zuſammenziehung der Wände des Organes an. Für die Folgezeit aber bedingt nur der Sauerſtoff poſitive Wirkungen. Atmoſphäriſche Luft, Waſſerſtoff, Kohlenſäure und vor Allem Schwefelwaſſerſtoff dagegen lähmen die Irritabilität, während der Stickſtoff ein indifferentes Verhalten darbietet (Nyſten) [3].

674 Das Waſſer verkürzt im Allgemeinen die Dauer der Reizbarkeit. Wir haben aber ſchon früher (§. 631) geſehen, daß dieſes vorzüglich durch die niedere Temperatur, welche es in der Regel beſitzt, erfolgt. Lauwarmes Waſſer dagegen verlängert die Excitabilität von Froſchſchenkeln auf eine, bisweilen wenigſtens, ſehr auffallende Art. Uebrigens äußert ſelbſt kaltes Waſſer auf verſchiedene Säugethiere nicht immer dieſelben Wirkungen. Wird daſſelbe in bedeutender Menge durch die äußere Droſſelvene von Kaninchen, Schafen oder Katzen eingeſpritzt, ſo lähmt es nicht ſelten die Reizbarkeit des Herzens in ſo bedeutendem Maaße, daß die Thiere wäh=

---

[1] Nysten a. a. O. p. 366. [2] a. a. O. p. 365.
[3] a. a. O. p. 339 — 42.

rend der Operation ſterben und ihre Muskeln kaum wenige Minuten nach dem Tode reizbar bleiben. Bei Hunden dagegen greift das Waſſer auf keine ſo energiſche Weiſe ein. Daß Stoffe, welche die Subſtanz des Nerven und des Muskels oder des letzteren allein chemiſch verändern, ſobald ſie nach dem Abſterben des Thieres einwirken, die Reizbarkeit verkürzen, verſteht ſich von ſelbſt.

Mancherlei Verhältniſſe der letzten Lebenszeit werden ebenfalls für die 675
Irritabilitätserſcheinungen nach dem Tode von Bedeutung. Fröſche, welche ſich in wärmern Temperaturen Monate lang aufgehalten haben und gut genährt worden ſind, zeichnen ſich häufig nach der Enthauptung durch eine bedeutende Intenſität ihrer Reizbarkeit aus. Muskeln dagegen, welche im Leben wenig geübt oder umgekehrt kurz vor dem Tode überſpannt worden, bieten eher das Gegentheil dar, obgleich in beiderlei Beziehungen Ausnahmen exiſtiren können. Es gelten hier, wie man leicht ſieht, dieſelben Geſetze des Gleichgewichts und der Sammlung, welche ſchon früher (§. 139) für den lebenden Organismus dargeſtellt worden.

Einzelne narcotiſche Gifte verändern die Statik der Excitabilität im 676
Leben und vorzüglich nach dem Tode auf eine weſentliche Weiſe. Vor Allem gehören hierher das Strychnin und das Opium. Beide erzeugen eine ſolche Reizempfänglichkeit, daß die geringſten äußeren Veranlaſſungen ſehr heftige Convulſionen verurſachen. Da aber dieſe Erſcheinungen durch eine Störung der Nervenverhältniſſe hervorgerufen werden, ſo gehört deren nähere Erörterung in die Nervenphyſiologie. Andere Gifte hingegen, wie z. B. das Viperngift (Fontana) [1]) vernichten die Reizbarkeit ſehr ſchnell.

Schon bei kachektiſchen, waſſerſüchtigen und laxen Säugethieren können wir häufig wahrnehmen, daß die Irritabilität nur ſehr kurze Zeit nach dem Tode anhält. Die vorzüglich von Nyſten [2]) an dem Menſchen angeſtellten Beobachtungen führten zu dem gleichen Reſultate. Dieſer Forſcher legte einzelne Muskelparthien kurze Zeit nach dem Lebensende durch Hautſchnitte bloß und galvaniſirte dieſelben nach beſtimmten Intervallen. Auch hier zeigte ſich, daß die Excitabilität nach allen Krankheiten, welche mit bedeutender Abzehrung und vorzüglich mit waſſerſüchtigen Ergüſſen verbunden ſind, nur kürzere Zeit anhält. Jedoch dauert ſie immer mindeſtens 1 Stunde nach dem Tode fort und verliert ſich im Allgemeinen viel früher in den geraden und ſchiefen Bauchmuskeln, als in dem großen Bruſtmuskel, und in dieſem eher, als in der übrigen Muskulatur des Rumpfes und der Extremitäten. Die Geſichtsmuskeln dagegen bieten in dieſer Hinſicht die bedeutendſten, unter keine beſtimmte Regel zu bringenden Varietäten dar. Bei Apoplektiſchen ziehen ſich häufig die gelähmten Glieder eben ſo ſtark als bei Geſunden zuſammen.

Jener ſchädliche Einfluß waſſerſüchtiger Affectionen iſt rein local.

---

[1]) Felix Fontana Beobachtungen und Verſuche über die Natur der thieriſchen Körper. Ueberſetzt von C. B. G. Hebenſtreit. Leipzig, 1785. 8. S. 191.

[2]) a. a. O. S. 368—83.

Beſchränkt ſich z. B. der Austritt der Flüſſigkeit nur auf das Unterhautzellgewebe, ſo können die darunter liegenden Muskeln ihre Excitabilität ſehr lange nach dem Tode bewahren. Sind bloß die unteren Extremitäten ödematös, ſo bleiben ihre Contractilitätserſcheinungen früher als die der oberen aus.

So deutlich aber dieſe ſchädlichen Folgen verminderter Ernährungszuſtände hervortreten, ſo wenig laſſen ſich immer die begünſtigenden Momente guter Nutritionsverhältniſſe nachweiſen. In ſehr kräftigen Muskeln verſchwindet bisweilen die Reizbarkeit früher, als ſich theoretiſch erwarten ließe. Uebrigens verſteht es ſich von ſelbſt, daß die äußern Momente der Temperatur und andere Nebenbedingungen bei allen ſolchen Erfahrungen in Anſchlag gebracht werden müſſen.

Man ſieht leicht, daß eine und dieſelbe Krankheit eine ſehr verſchiedene Zeitdauer der Irritabilität verurſachen könne. Bei Herzkrankheiten, Schwindſuchten u. dgl. z. B. wird es davon abhängen, ob waſſerſüchtige Ergüſſe als Nebenerſcheinungen exiſtiren, ob das Leben durch Erſchöpfung oder in Folge einer dazwiſchen tretenden entzündlichen Krankheit aufhörte u. dgl., oder nicht.

Nyſten prüfte, um zu den angeführten Reſultaten zu gelangen, ungefähr 40 Leichen. Suchen wir aber ſeine Zeitangaben, ſo weit ſie vorliegen, überſichtlich darzuſtellen, ſo erhalten wir folgende Tabelle:

Krankheit.	Zeitdauer der Reizbarkeit nach dem Tode in Stunden.	Nebenzuſtände und Bemerkungen.
Ascites und Anasarca . . .	$1\frac{1}{2}$—4	Infiltration vieler Muskeln.
Peritonitis chronica	$2\frac{3}{4}$	Bedeutende Abmagerung.
Chroniſche Leberentzündung	$2\frac{3}{4}$	Waſſerſucht und vollkommene Erſchöpfung.
Desgl.	mehr als 6	Entzündliche Complication.
Lungenſchwindſucht.	3—6	Gänzliche Erſchöpfung.
Desgl.	15	Pleureſie.
Acute Bruſtwaſſerſucht nebſt convulſivem Aſthma . .	10	Der ſehr kräftige Mann war unerwartet geſtorben.
Herzaneurysma	3—$5\frac{1}{2}$	Mäßige Abmagerung nebſt waſſerſüchtiger Infiltration der Muskeln. Bei einem Individuum blieben die nicht infiltrirten Geſichtsmuskeln 9 Stunden nach dem Tode reizbar.
Desgl.	10	Bedeutende Abzehrung ohne Infiltration.
Desgl.	27	Oedem der unteren Extremitäten ohne Infiltration der Muskeln.
Schlagfluß	6—$6\frac{1}{2}$	
Darmblutung	9	Der ſehr kräftige Mann war plötzlich geſtorben.
Adynamiſche und ataxiſche Fieber	10—15	Keine bedeutende Auszehrung.
Peripneumonie.	13—15	

677 Inwiefern die letzten Lebensverhältniſſe oder andere Momente auf die Dauer der Zuſammenziehungen des Herzens einwirken, bedarf noch genaue-

rer Unterſuchungen. Nach Erichſon[1]) ſoll der Mangel des Zutrittes des Blutes ein früheres Verſchwinden derſelben bedingen. Unterbindet man nämlich bei eben getödteten Hunden oder Kaninchen die ſämmtlichen Gefäße der Muskelſubſtanz des Herzens oder auch nur die Kranzarterien desſelben, ſo erhält ſich der Herzſchlag durch die ſpäter eingeleitete künſtliche Athmung kürzere Zeit, als wenn jene Operation unterblieben iſt. Es bleibt jedoch immer ſchwierig bei ſolchen Beobachtungen, wo kein zweites Organ zur Parallele zu Gebote ſteht, zu ganz ſichern Reſultaten zu gelangen.

Außer dieſen Reizbarkeitserſcheinungen der quergeſtreiften Muskel- 678
faſern, welche in der Regel nur eine momentane Dauer der Zuſammenziehung zur Folge haben, finden wir bei den meiſten Leichen noch ein anderes Phänomen, welches auf einer anhaltenden Contraction jener Gebilde beruht. Die Muskeln werden ſteif und bewirken, daß die correſpondirenden paſſiven Bewegungswerkzeuge eine mehr oder minder fixe Stellung oder Lage annehmen. Dieſer Vorgang bildet die ſogenannte Todtenſtarre, Rigor mortis. Wir ſehen nämlich bei Menſchen, wie bei Thieren, vorzüglich aber den warmblütigen Geſchöpfen, daß ihre Glieder unmittelbar nach dem Tode weich und biegſam ſind und jede beliebige Poſition, welche man ihnen giebt, annehmen und bewahren. Einige Zeit darauf dagegen iſt dieſes nicht mehr der Fall. Die Theile ſind indeß ſteif geworden und die Muskeln fühlen ſich dabei härter an. Dieſer Zuſtand kann bisweilen eine ſolche Höhe erreichen, daß es ohne Zerreißung einzelner Weichgebilde nicht möglich wird, manche Parthien in eine andere Lage als die, welche ihnen durch die Todtenſtarre angewieſen worden, zu verſetzen. Haben die Verhältniſſe eine Zeit lang gedauert, ſo wird wiederum Alles weicher und nachgiebiger. Es kehrt dieſelbe Paſſivität, wie ſie unmittelbar nach dem Tode Statt gefunden, von Neuem zurück.

Die Erſcheinungen der Todtenſtarre haben, ſofern ſie an dem unver- 679
ſehrten Leichname in die Augen fallen, ihren alleinigen Sitz in den mit quergeſtreiften Faſern verſehenen Muskeln des Körpers. Dieſes lehrt ſchon die unmittelbare Beobachtung im Allgemeinen. Allein insbeſondere ergiebt es ſich aus einem von Nyſten[2]) angeſtellten Verſuche. Er präparirte nämlich bei einer Leiche, welche einen ſtarken Rigor darbot, einen Theil der Haut des Armes und des Schenkels ohne Verletzung der darunter befindlichen Muskeln los. Es erfolgte keine Veränderung der Lage der Theile. Die Steifheit blieb auch noch dieſelbe, nachdem die Seitenbänder des Ellenbogen- oder Kniegelenkes entfernt, die Synovialkapſeln derſelben Gelenke geöffnet und Waſſer in dieſe eingeſpritzt worden war. Nach Quertheilung der entſprechenden Muskeln dagegen ſchwand ſie auf der Stelle.

Den Eintritt der Todtenſtarre begleiten leiſe und unmerkliche Bewe- 680
gungen der entſprechenden Organe. Hat ſie dagegen ihre größte Höhe er-

---

[1]) Froriep's neue Notizen, 1842. 4. Nr. 520. S. 213—15.
[2]) a. a. O. S. 398 99.

reicht, ſo fallen einzelne Lagenveränderungen, welche ganze Parthien des Körpers angenommen, ſogleich in die Augen. Der Unterkiefer z. B., der unmittelbar nach dem Tode oder während der Agonie herabgeſunken war, iſt gegen den Oberkiefer hinaufgezogen. Der Vorderarm bietet eine mäßige Flexion gegen den Oberarm dar. Die Finger werden gebeugt, der Daumen gegen die Handfläche hinübergeführt, ſo daß er mit ſeinem Nagel der Wurzel des letzten Fingers nahe liegt und von den übrigen eingezogenen Fingern zum Theil bedeckt wird, u. dgl. mehr. Dieſe bedeutenderen Lageveränderungen können darin ihren Grund haben, daß eine Muskelparthie, z. B. die Aufzieher des Oberkiefers, die Beuger des Vorderarms, die der Finger, der Anzieher des Daumens mehr Muskelfaſern, als ihre Antagoniſten beſitzen und daher bei Gleichheit des Contractionsgrades in ihnen und ihren Gegenfüßlern das Uebergewicht erlangen. Denn daß eine ungleiche Intenſität der Todtenſtarre in einzelnen Muskeln die Erſcheinung hervorrufe, dürfte nur wenig Wahrſcheinlichkeit für ſich haben. Iſt der Rigor vollſtändig ausgebildet, ſo zeigen ſich alle Muskeln ohne Unterſchied verkürzt und ſtarr. Der Zuſtand umfaßt nicht etwa eine einzelne Muskelgruppe, während deren Antagoniſten erſchlafft erſcheinen.

681 Die Todtenſtarre beginnt immer am Halſe und dem Unterkiefer. Sommer [1]) fand hiervon in 200 Leichen nur eine einzige Ausnahme. Von da geht ſie in der Regel nach abwärts fort, ergreift die Muskeln des Rumpfes und der obern und alsdann die der untern Extremitäten (Nyſten). Bisweilen jedoch werden auch die letzteren vor den erſteren ſteif. In gleicher Ordnung hört ſpäter das Phänomen wiederum auf. Man bemerkt ſie an einzelnen Leichen ſchon 10 Minuten, bei anderen 7 Stunden (Sommer) oder ſelbſt erſt 18 Stunden nach dem Tode (Nyſten). Im Allgemeinen gilt aber das Geſetz, daß das Anhalten des Rigor mit der Zeitgröße des Eintritts deſſelben in umgekehrtem Verhältniſſe ſteht, d. h. daß ein Muskel um ſo länger ſtarr bleibt, je ſpäter er ſteif geworden. Dieſem entſprechend erſcheint er auch früher und dauert kürzer bei Neugebornen, als bei Erwachſenen. Bei Kindern, welche noch nicht geathmet haben, ſoll er ſchwächer ausfallen und bei ſiebenmonatlichen Embryonen gänzlich fehlen (Mende) [2]). Dagegen findet ſich auch ausnahmsweiſe, wie z. B. nach Strychninvergiftungen, daß der Rigor früh eintritt und nichtsdeſtoweniger lange Zeit anhält (Brücke) [3]).

682 Inwiefern äußere Einflüſſe die Todtenſtarre modificiren, iſt bis jetzt noch nicht genügend erforſcht worden. Das Erkalten der Leiche mag zwar auch auf dieſe Erſcheinung einwirken. Allein ſie findet ſich ſchon ein, bevor noch das Cadaver ſeine höhere Temperatur gänzlich verloren hat. In Waſſer von 0° bis 15° ſoll ſie intenſiver als in der gleich niedrig

---

[1]) A. G. Sommer dissertatio de signis mortem hominis absolutam indicantibus. Pars II. Hauniae, 1833. 8. Müller's Physiologie. Bd. II. 1837. 8. S. 43.

[2]) C. F. Burdach die Phyſiologie als Erfahrungswiſſenſchaft. Bd. III. Zweite Auflage. 1838. 8. S. 684.

[3]) Müller's Archiv, 1842. S. 187. 88.

temperirten Atmoſphäre zu Stande kommen (Sommer). Ein durch einen elektriſchen Schlag getödteter Hund bot ſie ebenfalls dar (Sommer). Bei Menſchen dagegen, welche durch den Blitz getroffen worden, fehlt ſie angeblicher Weiſe größtentheils.

Je kräftiger die Muskeln ſind, um ſo intenſiver iſt auch der Rigor 683
und um ſo länger hält er an. Dieſes zeigt ſich am deutlichſten bei Menſchen und Thieren, welche auf gewaltſame Weiſe, z. B. durch Enthauptung, Erhenken, Ertränken, nicht direct ſchädliche, aber irreſpirable Gaſe, Verblutung u. dgl. getödtet worden ſind. Bei athletiſchen Männern z. B., welche an Hämorrhagieen zu Grunde gegangen, begann die Todtenſtarre 16 bis 18 Stunden nach dem Tode, erlangte eine ſolche Intenſität, daß ſie durch das kräftige Drücken eines Mannes nicht überwunden werden konnte, erhielt ſich 36 bis 48 Stunden auf dieſer Höhe, nahm dann allmälig ab und verſchwand erſt 6 bis 7 Tage nach dem Tode gänzlich. Bei laxen Perſonen hingegen, welche ebenfalls an Verblutung geſtorben waren, zeigte ſie eine geringere Intenſität und dauerte bei weitem nicht ſo lange (Nyſten) [1].

Ein bedeutender Grad von Contraction der Muskeln in den letzten 684
Lebensſtunden hebt den Eintritt des Rigor mortis nicht auf. Bei einem an traumatiſchem Starrkrampfe verſtorbenen kräftigen Manne entwickelte er ſich auf intenſive Weiſe und verharrte mehrere Tage (Nyſten und Laënnec). In einem andern Falle von Tetanus ſetzte ſich der tetaniſche Krampf der Kiefermuskeln unmittelbar in die Todtenſtarre fort (Sommer). Es fand mithin, wie man dieſes bisweilen für Fälle der Art annahm, kein Mittelſtadium der Erſchlaffung Statt. Einſpritzung von Luft in die Venen, Erſtickung durch Waſſer und Vergiftung durch Narcotica heben die Todtenſtarre nicht auf (Nyſten. Sommer). Nach der Tödtung durch Chlor, ſalpetrige Säure oder Ammoniak ſchien ſie früher einzutreten und weniger lange zu dauern (Nyſten). Nach Erſtickung durch Kohlendunſt hat es deshalb, weil eine Art von Scheintod dem wahren Tode vorangeht, das Anſehen, als trete der Rigor erſt ſpäter ein (Sommer). Gelähmte Muskeln, welche noch keine bedeutende Organiſationsveränderungen erlitten, verfallen gleich häufig wie geſunde in den Rigor mortis. Ebenſo hebt die Zerſtörung oder Entfernung des centralen Nervenſyſtemes das Erſcheinen deſſelben nicht auf. Dieſem entſprechend kommt er auch nach adynamiſchen und ataxiſchen Fiebern, Gehirndesorganiſationen und dgl. zu Stande.

Klarer hingegen geben ſich die Wirkungen der Ueberſpannung im Le- 685
ben oder die Folgen von Momenten, welche die Ernährung der quergeſtreiften Muskelfaſern afficiren, zu erkennen. Thiere, welche zu Tode gehetzt worden, verfallen bald in Todtenſtarre, ohne daß dieſe ſehr ſtark wird oder lange anhält. Aehnliche Erſcheinungen treten nach allen Krankheiten, welche mit Marasmus endigen, nach Kachexien, Waſſerſuchten u. dgl. hervor. Hier erſcheint ſie ſchon 1 bis 2 Stunden nach dem Tode und

[1]) Nysten a. a. O. S. 387.

hält nur wenige Stunden an. Daß hier dieſelben localen Einflüſſe, wie in Betreff der Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode Statt finden, lehren die waſſerſüchtigen Ergießungen. Erſtreckt ſich dieſe nur auf das Unterhautzellgewebe, ſo kann eine energiſche Todtenſtarre 36 bis 48 Stunden dauern. Sind dagegen zugleich die Muskeln infiltirt, ſo zeigt ſich auch die oben erwähnte geringe Intenſität derſelben (Nyſten) [1].

Der in Rigor befindliche Muskel der Säugethiere beſitzt eine größere abſolute Feſtigkeit, als wenn er friſch und vollkommen erſchlafft iſt. Wenn er z. B. unmittelbar nach dem Tode ausgeſchnitten, durch eine Laſt von zwei Unzen durchriſſen wurde, ſo bedurfte es bei dem gleichnamigen Muskel der andern Seite, ſobald ſich dieſer im Rigor befand, eines Gewichtes von zwei Pfund, um denſelben Erfolg zu erzielen (Buſch) [2]. Die Muskelfaſern zeigen ihre Querſtreifen ſehr deutlich und beſitzen außerdem noch einzelne Furchen oder Einſchnitte, welche jedoch nicht conſtant vorkommen. Bei dem Froſche bildeten ſie noch an den Durchſchnittsſtellen die oben (§. 623) erwähnten Umſtülpungen. Einzelne von ihnen zeigten die in §. 620 beſchriebenen Zickzackbiegungen der Muskelfäden.

686 Die Urſachen der Todtenſtarre ſind theils in vitalen, theils in phyſikaliſchen Verhältniſſen geſucht worden. In jener Beziehung glaubte man, daß die letzte Aeußerung der Contractilität den Rigor bilde (Nyſten). Allein eine ſolche Anſicht zwänge zu der ganz exceptionellen Vorausſetzung, daß die Zuſammenziehungskraft der Muskeln, welche für äußere Reize, ſelbſt momentan, nicht mehr exiſtirt, eine große und anhaltende Energie, wie wir bei der Todtenſtarre wahrnehmen, entwickeln ſollte. Aus dieſem Grunde könnten wir uns eher befriedigen, wenn hinreichende phyſikaliſche Momente zur Erklärung dieſer Erſcheinung aufgefunden würden. Daß das in den Capillaren des Muskels befindliche Blut, die in den Lymphgefäßen enthaltene Lymphe durch ihre Gerinnung die Todtenſtarre nicht bedinge, iſt leicht einzuſehen. Denn einerſeits könnte dadurch unmöglich ein ſolcher Contractionsgrad erreicht werden und anderſeits tritt der Rigor vor der Coagulation des Blutes und ſelbſt ohne daß dieſe zu Stande kommt, ein. Anſprechender erſcheint daher die Anſicht (von Bruecke) [3], welche die Urſache deſſelben in der Gerinnung der Fibrine der Muskelfaſern ſelbſt ſucht. Wir wiſſen, daß der Faſerſtoff des Blutes zuerſt in feſterer Geſtalt ausgeſchieden wird, ſpäter dagegen von Neuem Flüſſigkeit abſondert und daß hiermit die durchgreifendere Fäulniß beginnt. Nun werden die Muskeln von Ernährungsflüſſigkeit durchtränkt und erhalten Fibrine, die ſie ohnedies ſchon beſitzen, zugeführt. Die Coagulation dieſes Faſerſtoffes ruft die äußere Erſcheinung der Todtenſtarre, welche noch von keiner Fäulniß begleitet wird, hervor. Mit der ſpätern Verflüſſigung der Fibrine hört der Rigor wiederum auf, während die wahre Sepſis beginnt. Gegen dieſe Anſicht ſtreitet nur, daß auch andere Faſer-

---

[1]) Nysten a. a. O. S. 390.
[2]) Burdach a. a. O. S. 683.
[3]) Müller's Archiv, 1843. S. 178—188.

ſtoffhaltige Gewebe, wie z. B. das Zellgewebe, die Lederhaut, die Schleimhäute, keine ſo auffallende Todtenſtarre darbieten. Man müßte daher annehmen, daß die Fibrine in dieſen Gebilden in keiner ſo coagulablen Form enthalten iſt — eine Hypotheſe, die ihre Richtigkeit wohl haben kann, welche aber bis jetzt noch nicht chemiſch conſtatirt iſt. Ebenſo wäre zu unterſuchen, ob gelähmte Muskeln, welche ſchon Ernährungsveränderungen und keine Todtenſtarre zeigen, eine andere Modification der Fibrine oder Nebenkörper, welche die Gerinnung derſelben verhindern, enthalten.

Zuſammenziehung der einfachen Muskelfaſern. — Dieſe 687
Gebilde bieten ebenfalls, wie wir an dem Darmkanal ſehen, ſehr bedeutende Contractionserſcheinungen dar. Allein ſowohl ihre Verkürzungsweiſe, als die Art, wie ſie äußere Reize beantworten, iſt von der der Elemente der rothen Muskeln verſchieden. Urſprüngliche Structur und ſecundäre Anordnungsweiſe greifen hierbei weſentlich in einander, ſo daß wir, um zu klaren Begriffen zu gelangen, beide Momente ſo ſehr als möglich von einander unterſcheiden müſſen.

Vergleichen wir zunächſt die Zuſammenziehung eines mit quergeſtreif- 688
ten Faſern verſehenen Muskels mit der des Darmes, ſo tritt eine auffallende Differenz hervor. Der zweibäuchige Armmuskel z. B. contrahirt ſich nach äußern oder innern Reizen augenblicklich und erſchlafft bald darauf oder verharrt eine Zeit lang in jenem verkürzten Zuſtande. Schreitet auch vielleicht der Eintritt ſeiner Zuſammenziehung der Länge ſeiner quergeſtreiften Faſern nach ſucceſſiv fort, ſo iſt dieſes doch bald vollendet. Binnen äußerſt kurzer Zeit verhält er ſich als Ganzes. Alle ſeine Faſern bleiben ihrer Länge nach contrahirt oder gehen ſogleich wieder in Erſchlaffung über. Eine unmittelbare Uebertragung ſeiner Verhältniſſe auf benachbarte Muskeln findet nicht Statt. An dem Darmrohre dagegen treten andere Erſcheinungen ein. Die Zuſammenziehung beginnt an einem gereizten Punkte, bleibt aber nicht beſchränkt, ſondern pflanzt ſich auf eine benachbarte Stelle, von dieſer auf eine angrenzende u. ſ. w. fort. Die Bewegung wird ſo auch einer größern Reihe von entferntern Punkten mitgetheilt und verwandelt ſich auf dieſe Art, wie man ſich ausdrückt, in eine wurmförmige oder periſtaltiſche. Spätere Stellen gehen hierbei erſt dann in das Stadium ihrer Contraction über, wenn die früheren ſchon längſt erſchlafft ſind oder ſelbſt ſchon mehrere Male ihre Verkürzung von Neuem begonnen haben. Eine ſolche allmälige und ſympathiſche Affection ſucceſſiver Theile, wie ſie am Darme ſogleich in die Augen fällt, kommt bei keinem Muskel unſerer Extremitäten als irgend häufige Erſcheinung, viel weniger als charakteriſtiſches Merkmal zu Stande.

Man würde aber ſehr irren, wenn man aus den eben erwähnten Thatſachen ſchließen wollte, daß die Periſtaltik der angeregten Bewegungen die Zuſammenziehungen der einfachen Muskelfaſern immer begleite. Schon an dem Darme ſelbſt zeigen ſich häufige Ausnahmen. Drücken wir z. B. eine Stelle des Dünndarmes mit der Pincette zuſammen, ſo ſchnürt ſich nicht ſelten die afficirte Parthie allein ringförmig ein oder erzeugt ſelbſt nur eine bogenförmige Furche, welche eine Zeit lang bleibt

und ſich ſpäter allmälig ausgleicht. Ebenſo können wir häufig wahrnehmen, daß ſich der Darm eine Strecke weit verengert und in der Verkleinerung ſeines Lumen verharrt, ohne daß benachbarte Stücke des Darmrohrs die geringſte Veränderung darbieten. Noch öfterer machen wir Erfahrungen der Art an dem Magen der Säugethiere. Denn hier bilden örtliche Einſchnürungen, welche auf der längeren Achſe des Organes mehr oder minder ſenkrecht ſtehen, oder allmälige Verengerungen ganzer Strecken die Regel, periſtaltiſche Bewegungen dagegen die ſelteneren Fälle. An der Harnblaſe endlich finden wir gar keine ächte wurmartige Zuſammenziehung. Das Organ verengert ſich nach und nach, raſcher oder langſamer in allen ſeinen Dimenſionen oder verkleinert nur ſeinen Längen- oder ſeinen Querdurchmeſſer auf eine vorherrſchende Weiſe. Der Zurückzieher des männlichen Gliedes des Pferdes endlich, welcher ebenfalls aus einfachen Faſern beſteht, bietet wahrſcheinlich nie eine periſtaltiſche Bewegung dar.

Während nun aber dieſe manchen Theilen, welche organiſche Muskelfaſern beſitzen, mangelt oder wenigſtens in der Regel nicht zukommt, ſehen wir ſie anderſeits ſogar bei einzelnen quergeſtreiften Faſern, welche röhrige Organe umſchließen, eintreten. Bei dem Rinde z. B. und dem Kaninchen, wo ſich zuſammengeſetzte Muskelfaſern längs der ganzen Speiſeröhre bis zur Cardia des Magens erſtrecken, ruft häufig ein Reiz, welcher die Schleimhaut des Schlundes trifft, eine längs des ganzen Oeſophagus hinabgehende wurmförmige Bewegung hervor. Dieſe Thatſachen deuten klar darauf hin, daß die Periſtaltik keine urſprüngliche und charakteriſtiſche Eigenthümlichkeit der Energien der einfachen Muskelfaſern bildet. Bei genauerer Beobachtung zeigt ſich auch, daß ſie nur die ſecundäre Folge der Anordnungsweiſe der contractilen Elemente darſtellt. An der Speiſeröhre wie am Darme haben wir ſogenannte Zirkel- und Längenfaſern, welche um den röhrigen Theil ſchraubenförmig herumgehen. Ziehen ſie ſich nun ihrer ganzen Ausdehnung nach nicht auf einmal, ſondern ſucceſſiv zuſammen, ſo muß die Contraction als eine periſtaltiſche erſcheinen. Schon dieſe anatomiſche Anordnung kann aber die Fortpflanzung der Wirkungen des Reizes über den Angriffspunkt des Irritaments bedingen. Allein daſſelbe Reſultat muß noch dadurch befördert werden, daß die verſchieden gerichteten Faſern einander nahe liegen und daß daher die Energie der Einen ſehr leicht die Thätigkeit der Andern hervorruft.

689 Betrachten wir die übrigen Aehnlichkeiten und Unterſchiede, welche zwiſchen den einfachen und den quergeſtreiften Muskelfaſern in phyſiologiſcher Hinſicht Statt finden, ſo zeigt ſich, daß die Differenzen mehr die Modalität als die Grundnormen der Energieen betreffen. Die aus einfachen Muskelfaſern beſtehenden Gebilde gehorchen zwar ebenfalls dem Befehle motoriſcher Nerven, welche ſich in ihnen verbreiten. Nach Reizung des herumſchweifenden Nerven z. B. zieht ſich der Magen, nach der des Ganglium coeliacum der Dünndarm, nach der des Bauchtheiles des ſympathiſchen Nerven die untere Parthie des Nahrungscanales, die Harnblaſe, die Gebärmutter, die Tuben u. dgl. zuſammen. Irritamente, welche die Muskelſubſtanz ſelbſt treffen, rufen in gleicher Weiſe Contractionen her-

vor. Werden einfache Muskelfaſern, welche noch ein bedeutendes Quantum von Reizbarkeit beſitzen, durchſchnitten, ſo zeigen ſie ebenfalls einen hohen Grad von Verkürzung. Die Ränder der Schnittwunde weichen aus einander. Fragmente der Muskelhaut krümmen ſich bogenförmig. Ja bei einem ganz getrennten Darmſtücke z. B. können die Faſern mit ſolcher Energie einwirken, daß die Schleimhaut in der Umgebung des Schnittrandes nach außen umgeſtülpt wird. Ebenſo verharrt auch hier die Reizbarkeit noch eine Zeit lang nach dem Tode, und die ſpäter eintretende Todtenſtarre beſchließt nicht minder die Reihe der Bewegungen, welche durch einfache Muskelfaſern zu Stande kommen können. Allein die einzelnen Erſcheinungen, welche dieſe Verhältniſſe begleiten, weichen zum Theil, wie wir bald ſehen werden, von den analogen Phänomenen der quergeſtreiften Faſern ab. Es entſtehen hierdurch gewiſſermaßen nicht ſowohl Gattungs- als Artunterſchiede.

690 Das Studium der mikroſkopiſchen Veränderungen der einfachen Muskelfaſern im Augenblicke ihrer Zuſammenziehung bietet ſehr viele Schwierigkeiten dar, weil hinreichend durchſichtige Präparate nur ſelten auf mechaniſche oder galvaniſche Reize reagiren und eine von ſelbſt eintretende Contraction dieſer Elemente wenigſtens bis jetzt noch nicht beobachtet worden iſt. Den höchſten Grad der Verkürzung bilden auch hier Wellen oder Zickzackbiegungen der Faſern. Am deutlichſten kann man dieſes z. B. an dem Magen des Froſches wahrnehmen. Trennt man den Bauchfellüberzug und die Muskelhaut dieſes Organes los, ſchneidet kleine Stücke des letzteren ab und wählt dann diejenigen, welche bogenförmig gekrümmt ſind, zur mikroſkopiſchen Unterſuchung, ſo ſieht man, daß die Faſern Wellenbiegungen, wie ſie Fig. 28 zeigt, bilden. Dieſe laufen oft ſtellenweiſe einander parallel, erſcheinen dagegen auch nicht ſelten in benachbarten Elementen ungleich. Häufig ſind nur einzelne Faſern zackig gebogen, während die übrigen, die den größten Theil ausmachen, gerade dahin ſtreichen und ihre frühere Steifigkeit behaupten. Ebenſo kann eine und dieſelbe Faſer in einer Strecke ihres Verlaufes verkürzt, in einer andern gerade ſein. Sehen wir aber von dieſen Begleitern der Längenverminderung ab, ſo zeigte ſich bis jetzt keine Erſcheinung, welche die Verkürzung dieſer Faſern conſtant begleitete. Einzelne haben bisweilen quere Einſchnitte, andere vollkommene Einbiegungen. Allein eine vollſtändige Bildung von Querſtreifen, die z. B. an den Muskelfaſern der Meduſen, der Echinodermen im Augenblicke der Contraction unter den Augen des Beobachters entſtehen, konnte hier bis jetzt noch nicht nachgewieſen werden. Jedoch vermag ſich gerade in dieſer Hinſicht ein Irrthum leicht einzuſchleichen. Auf manchen Schnitten nämlich, vorzüglich ſolchen, welche die oberflächlichſten Lagen der Muskulatur des Magens oder Darmes z. B. des Froſches betreffen, glaubt man nicht ſelten unter mäßig ſtarken Vergrößerungen Querſtreifen wahrzunehmen. Wendet man aber

Fig. 28.

ſtärkere Linſen an, ſo zeigt ſich bei genauer Einſtellung des Focus, daß jene Querlinien durch Zellgewebefaſern entſtehen und daß die einfachen glatten Muskelfaſern erſt unter dieſen liegen.

691 Reizen wir die zu den organiſchen Muskelfaſern verlaufenden Nerven, ſo ziehen ſich jene zwar zuſammen; es verfließt jedoch wenigſtens in vielen Fällen ein merkliches Zeitintervall, bevor dieſe Contraction eintritt. Aehnliche Erfahrungen machen wir auch bisweilen, wenn die Irritamente die Muskelſubſtanz ſelbſt treffen. Dieſe reagirt häufig nicht ſo geſchwind, als die der quergeſtreiften Muskelfaſern, hält aber dafür die Wirkung des Reizes mit größerer Zähigkeit feſt, bleibt längere Zeit verkürzt und pflanzt ihre Bewegung auf benachbarte Gegenden fort. Ja es zeigt ſich manches Mal die eigenthümliche Erſcheinung, daß eine Stelle, welche für den unmittelbaren mechaniſchen Reiz nicht mehr empfänglich war, ſpäter durch ſtärkere ähnliche Irritamente entfernter Punkte ſympathiſch mit afficirt wird. Dieſes ſehen wir z. B. an dem Magen des Froſches ſehr deutlich. Wenn er auch, indem wir ihn mit den Pincettenſpitzen drücken, gar nicht oder nur ſchwach reagirt, ſo wird er doch bisweilen, unmittelbar nachdem wir ihn ausgeſchnitten haben, nicht nur im Ganzen enger, ſondern es bilden ſich auch ſeiner Länge nach an einzelnen entfernten Stellen tiefe ringartige Einſchnürungen, von denen ſich gerade manche an den früher geprüften Stellen befinden.

Im Allgemeinen wirkt ein und derſelbe Reiz ſicherer und ſtärker, wenn er die einfachen Muskelfaſern, als deren motoriſche Nerven afficirt.

692 Treffen mechaniſche Irritamente die Muskelſubſtanz ſelbſt, ſo werden ſie in der Regel von den einfachen Muskelfaſern häufiger und intenſiver, als von den zuſammengeſetzten beantwortet. Derſelbe Grad von Druck, welcher z. B. auf einen Extremitätenmuskel eines kurz vorher getödteten Pferdes nicht mehr einwirkt, ruft noch eine ſehr lebhafte Periſtaltik der dünnen Gedärme hervor. Bei Fröſchen dagegen, wo überhaupt die Zuſammenziehungen des Darmſchlauches träger, aber dafür vielleicht intenſiver erfolgen, zeigen ſich meiſt in dem gleichen Falle eine minder lebhafte Periſtaltik oder örtliche Verengerungen und Einſchnürungen.

693 Die Einwirkung der Atmoſphäre hat in dieſer Beziehung ſehr variable Effecte zur Folge. Legen wir einen rothen Muskel bloß, ſo verhält er ſich entweder ganz ruhig oder bietet nur leiſe wellige Zuckungen einzelner Muskelfaſerbündel dar. Oeffnen wir dagegen die Bauchhöhle eines kurz vorher getödteten Säugethieres, ſo bewirkt häufig das Eindringen der Luft einen ſehr großen Sturm periſtaltiſcher Bewegungen, welche in den dünnen Gedärmen hervortreten. Eine getroffene Parthie derſelben zieht ſich lebhaft zuſammen und pflanzt ihre Contraction von Stelle zu Stelle fort. Zugleich reibt ſie hierbei oft eine entferntere, aber zufällig neben ihr liegende Abtheilung des Dünndarmes und regt dieſe zu der gleichen Energie an, oder es wird ein zweiter Theil des Schlauches durch denſelben Reiz in Affection geſetzt. Das Syſtem der dicken Gedärme ſchweigt dann entweder gänzlich oder ſchnürt ſich local zuſammen

oder wird auch zu einzelnen und meiſt geringeren wurmförmigen Bewegungen hingeriſſen. Der Magen bildet in der Regel, wenn er reagirt, bloße locale Einſchnürungen oder allmälige und bleibende Verengerungen. Die Harnblaſe zieht ſich häufig, vorzüglich wenn ſie gefüllt iſt, von ſelbſt zuſammen und entleert ihren Urin. Die Tuben bleiben gewöhnlich ruhig, contrahiren ſich aber bisweilen ebenfalls. Der Zurückzieher des männlichen Gliedes des Pferdes erleidet unter den gleichen Verhältniſſen, ſo viel ich wenigſtens bis jetzt ſah, keine in die Augen fallenden Veränderungen. Die Muskulatur der Speiſeröhre und des Schlundes zeigt höchſtens, ſo weit ſie mit quergeſtreiften Faſern verſehen iſt, wellige Zuckungen.

Zeichnet ſich aber der Dünndarm des eben getödteten Thieres durch ſeine ſehr große Reizempfänglichkeit aus, ſo verhält er ſich im Leben keineswegs auf die gleiche Weiſe. Wie ſchon Fontana[1]) wahrgenommen hat und leicht zu beſtätigen iſt (§. 181), bleibt eine Schlinge deſſelben, wenn ſie bei einem lebenden Säugethiere zur Bauchhöhle herausgezogen worden, entweder ganz ruhig oder zeigt nur geringere wurmförmige Bewegungen oder örtliche Einſchnürungen oder Verengerungen. Dieſelbe Erfahrung kann man an dem Menſchen bei Bruchoperationen mit Verletzung des Bruchſackes machen. Wir werden in der Nervenphyſiologie ſehen, daß die Reizbarkeit unmittelbar nach dem Tode gleichſam entfeſſelt wird und häufig ſtärker oder wenigſtens empfindlicher als im Leben erſcheint. Die eben erwähnten Eigenthümlichkeiten des Dünndarmes gehören in dieſelbe Kategorie.

Inwiefern die Verſchiedenheit der Temperatur auf die Reizbarkeit 694
der einfachen Muskelfaſern einwirke, iſt bis jetzt noch nicht hinreichend unterſucht worden. An dem Darme der Fröſche konnte ich nur ſehr ſchwache Zuckungen vermittelſt einer Bunſen'ſchen Zink-Kohlenkette hervorrufen, wenn derſelbe in Waſſer von 47° 5 C. verweilt hatte.

Daß galvaniſche Ströme die einfachen Muskelfaſern afficiren, läßt 695
ſich leicht nachweiſen. Schwieriger jedoch bleibt die Entſcheidung der Frage, ob ſie für dieſe Art von Irritamenten empfänglicher ſeien, als die quergeſtreiften Faſern, oder nicht. Bisweilen hat es den Anſchein, als reagire der Darm auf galvaniſche Strömungen träger, wie die rothe Muskulatur. Häufig dagegen verhalten ſich beiderlei Arten von contractilen Gebilden in dieſer Beziehung ungefähr gleich.

Iſt die Excitabilität nicht ſehr groß, ſo bleiben oft chemiſche Reize, 696
welche die Mittelhaut des Darmcanales treffen, unbeantwortet. Nicht ſelten können wir bei friſch getödteten Pferden z. B. die Erfahrung machen, daß Darmſtücke, welche durch mechaniſche Irritamente ſogleich zu lebhaften periſtaltigen Bewegungen angeregt werden, die leiſe Berührung mit verdünnter Eſſigſäure oder Salpeterſäure oder einer ſchwachen Auflöſung von kauſtiſchem Kali nicht erwiedern. Dieſes Reſultat kann ſchon zu

[1]) F. Fontana Beobachtungen und Verſuche über die Natur der thieriſchen Körper. 1785. 8. S. 49.

einer Zeit auftreten, in welcher die quergeſtreiften Faſern gegen Körper der Art mit ziemlicher Lebhaftigkeit reagiren.

697 Den vitalen durch die Nerven angeregten Impulſen gehorchen zwar die aus einfachen Faſern beſtehenden Muskelmaſſen; allein ſie ſind von dem Einfluſſe unſeres Willens ohne Ausnahme befreit. Ihre Energien erfolgen, ohne daß unſer Selbſtbewußtſein davon benachrichtigt wird. Sollen ſie ſich in Folge des Befehles unſeres Willens zuſammenziehen, ſo geſchieht dieſes wahrſcheinlich nur dadurch, daß wir auf benachbarte quergeſtreifte Muskelfaſern einwirken und erſt durch Vermittlung von dieſen die einfachen Faſern in Wirkſamkeit treten. Auf dieſe Weiſe gehen den Zuſammenziehungen der einfachen Muskelfaſern der Blaſe bei dem Uriniren Veränderungen des quergeſtreiften Constrictor isthmi urethrae, denen des Maſtdarmes bei der Stuhlentleerung ſolche des Sphincter ani externus voraus. Wir werden aber in der Nervenphyſiologie ſehen, daß dieſe Emancipation der einfachen Muskelfaſern von den unmittelbaren Einflüſſen unſeres Willens vermuthlicher Weiſe nicht ſowohl durch urſprüngliche Eigenſchaften der genannten contractilen Elemente, als durch die Nerven, welche zu ihnen verlaufen, bedingt wird.

698 Bei manchen Säugethierexemplaren dauert die Reizempfänglichkeit der Muskulatur des Nahrungscanales länger, als die der Rumpf- und Extremitätenmuskeln. Bei anderen dagegen finden wir bisweilen, daß beiderlei contractile Gebilde zu gleicher Zeit nach dem Tode abſterben, oder ſogar, daß einzelne Reize, welche von der Mittelhaut des Darmes nicht mehr beantwortet werden, wenigſtens leiſere Zuckungen der Extremitätenmuskeln hervorrufen. Die letztern bleiben auch häufig bei Fröſchen länger reizbar, als die contractilen Elemente des Magens und des Darmes. Bei dem Menſchen dagegen würde der Dickdarm wenigſtens nach den Erfahrungen von Nyſten[1]) ſchon 45 bis 55 Minuten nach der Enthauptung, der Dünndarm einige Minuten ſpäter und der Magen kurze Zeit nach dem letzteren ſeine Reizbarkeit verlieren. Die Harnblaſe bewahrt ſie meiſtentheils mehr als eine Stunde nach dem Tode, hört jedoch auch bisweilen eben ſo früh als der Magen auf, irritabel zu ſein. Man ſieht hieraus, daß nach dieſen Beobachtungen die einfachen Muskelfaſern unſeres Körpers früher als die quergeſtreiften abſterben müßten. Selbſtſtändige, von Zeit zu Zeit ſich wiederholende Zuſammenziehungen, wie ſie oben §. 671 von den Faſern des Herzens und des Zwerchfelles beſchrieben worden, konnte man hier bis jetzt noch nicht wahrnehmen.

Obgleich dieſe Erſcheinungen dergeſtalt wechſeln, daß es unmöglich wird, für alle Fälle gültige Angaben zu liefern, ſo laſſen ſich doch nach ausgedehnteren Unterſuchungsreihen Skalen entwerfen, welche wenigſtens relativ annähernde Werthe für die Majorität der Fälle geben. In dieſer Beziehung ſcheint die von Phoebus und Wilgenroth[2]) gelieferte Tabelle, welche ſich auf enthauptete Säugethiere (Kaninchen, Hunde

---

[1]) Nysten Recherches de Physiologie et de Chimie pathologiques. 1817. 8. p. 321.

[2]) M. R. Wilgenroth Pericula nonnulla in animalibus violenter necatis facta. Berolini, 1833. 8. p. 30. 32. 33.

und Katzen) bezieht, alles Vertrauen zu verdienen. Hiernach ergab ſich nämlich für die Mittelwerthe der quergeſtreiften und einfachen Muskelfaſern folgende Reihe:

Theil.	Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode in Minuten.
Linke Herzkammer	16
Dickdarm	25
Muskeln des Kopftheiles des Halſes, welche durch die Enthauptung durchſchnitten worden	26
Linker Vorhof des Herzens	30
Antlitznerve allein	35
Dünndarm	35 bis 40
Antlitznerve nebſt ſeinen entſprechenden Muskeln . .	40
Rechte Herzkammer	40
Speiſeröhre	44
Muskeln des Rumpftheiles des Halſes, welche durch die Enthauptung getrennt worden	45 bis 50
Kaumuskeln	46
Zwerchfell	51
Geſichtsmuskeln	53
Rumpfmuskeln	60 bis 70
Muskeln der Hinterbeine	70
Muskeln der Vorderfüße	80 bis 90
Rechte Herzkammer	85 bis 90.

Die Harnblaſe zeigte ſehr unbeſtändige Werthe. Während auf ſie manche Verſuche mit galvaniſchen Reizen erfolglos blieben, zog ſie ſich in gleichem Falle bei einer Katze 34 und bei einem Hunde 49 Minuten nach dem Tode ſchwach zuſammen.

In Betreff der verſchiedenartigen Wirkungen differenter Reize auf einzelne Theile des Nahrungsſchlauches zeigten ſich folgende Reſultate:

Theil.	Dauer der Reizbarkeit nach dem Tode in Minuten. Nach Einwirkung		
	der bloßen Atmoſphäre.	mechaniſcher Affection.	des Galvanismus.
Magen	—	15 bis 16	—
Dickdarm	15	20	25
Dünndarm	25	30	35 bis 40

Hiernach dauert die Empfänglichkeit für den galvaniſchen Reiz länger, als die für mechaniſche Einwirkung, und für die letztere länger, als für die der Atmoſphäre. Von der Richtigkeit dieſer Verhältniſſe kann man ſich wenigſtens bei vielen eben getödteten Säugethieren leicht überzeugen.

Daß auch die einfachen Muskelfaſern Erſcheinungen der **Todtenſtarre** darbieten, läßt ſich ſchon theoretiſch annehmen. Indirect könnte man auch vielleicht den Eintritt des Rigor dadurch erſchließen, daß bisweilen Urin und Excremente ohne äußere Veranlaſſung von Leichen all- 699

mälig abgehen und Früchte noch nach dem Tode der Mutter ausgeſtoßen werden. Ebenſo fühlen ſich nicht ſelten die Därme von Hunden und Katzen einige Stunden nach dem Lebensende härter an. Man ſieht aber leicht, daß dieſe Thatſachen noch nicht als definitive Beweiſe für die Exiſtenz des Rigor angeſehen werden können. Um ihn daher beſtimmter aufzuſuchen, kann man ſich folgender Methode bedienen. In einem Gefäße a befindet ſich eine ſchief ſtehende Unterlage b, welche eine hinreichende Fläche darbietet, um ein größeres Darmſtück aufzunehmen. Auf dem Boden von a dagegen iſt Waſſer c aufgeſchichtet. Nun wird ein Darmſtück d eines eben getödteten Thieres mit lauwarmem Waſſer ſorgfältig ausgewaſchen, an einem Ende durch eine Ligatur feſt verſchloſſen und an dem andern mit einer langen Glasröhre e verbunden. Man gießt hierauf ſo lange laues Waſſer ein, bis der Darm ſtrotzend gefüllt iſt und eine Quantität der Flüſſigkeit in der Röhre e fix bleibt. Das Darmſtück d kommt dann auf ſeinem Pflock b, während die Glasröhre e durch einen doppelten Deckel f des Gefäßes a ſo hindurchgeführt wird, daß ſie feſt und ſenkrecht ſteht. Iſt dieſes geſchehen, ſo wird f mit feuchter Blaſe vollſtändig verſchloſſen. Wegen der Flüſſigkeit c befindet ſich dann d in einem mit Waſſerdünſten geſättigten Raume und wird vor dem Vertrocknen und der Verdunſtung des eingeſchloſſenen Waſſers geſchützt. Tritt aber ſpäter Rigor mortis ein, ſo muß die Flüſſigkeit in e ſteigen und ſich ſo lange auf dieſer Höhe erhalten, als die Todtenſtarre anhält. Man wird finden, daß dieſes auch erfolgt und daß daher die Muskelhaut des Darmes ähnliche Erſcheinungen wie die aus quergeſtreiſten Faſern beſtehenden Muskeln darbietet.

Fig. 29.

Ein Nebenumſtand, welcher den Ausſchlag des Fluidum in der Röhre e vermindert, beſteht darin, daß von Zeit zu Zeit Waſſertropfen durch die Haut des Darmes hindurchdringen und nach c herunterfallen. Nichts deſto weniger erhielt ich an dem des Pferdes ſehr augenfällige Reſultate. Das Dünndarmſtück war $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{2}$ Stunde nach dem Tode des Thieres eingeſetzt worden und hatte ſich, während es Gerber vorbereitete, ziemlich ſtark zuſammengezogen. Die Flüſſigkeitsſäule in e ſank fortwährend bis 7 Stunden nach dem Tode, ſo daß die Erſchlaffung immer zunahm. Dann blieb ſie fix. Am anderen Morgen dagegen, ungefähr 24 Stunden nach dem Tode, war ſie um $7\frac{1}{2}$ Millimeter in die Höhe geſtiegen. Erſt nach 5—6 Stunden fiel ſie wieder bedeutender. Ihr Niveau war nach 7 Stunden 3,25 Millimeter über dem fixen Punkte des vorigen Tages. Von nun an aber ging es ſehr raſch hinab und blieb immer, ſo lange die Beobachtung dauerte, bis ungefähr 120 Stunden nach dem Tode tief unter der unveränderlichen Stellung, welche ſie 7 Stunden nach dem Tode angenommen hatte. Der mittlere Durchmeſſer der gebrauchten Glasröhre betrug 4 Millimeter, folglich ihr Querſchnitt 12,566 Quadratmillimeter. Glich nun das Maximum ihrer Steigungshöhe 7,5 Millimeter, ſo entſpricht dieſes 0,0942 Cubikcentimeter räumlichen Inhaltes. Das Volumen der Häute des angewandten Dünndarmſtückes war 61,21 Cubikcentimeter. Nehmen wir an, daß die Hälfte derſelben = 30,60 Cub. Cent. auf die Muskelhaut kam, ſo haben wir für die durch Waſſerſäule angegebene Verengerung zur Zeit der Todtenſtarre $\frac{0,0942}{30,60}$ = 0,003078 oder ungefähr $\frac{1}{325}$. Jedoch bildet dieſes nur einen ſehr kleinen aliquoten

Theil der wahren Verkürzung, weil einerſeits die durch die Waſſerſäule hindurchgepreßten Waſſertropfen von Zeit zu Zeit in reichlicher Menge nach dem Boden des Gefäßes abfließen und ſich anderſeits unzweifelhaft ein mit Waſſer ſtrotzend gefüllter Darm unter den ungünſtigſten Verhältniſſen für die Entwicklung ſeiner Todtenſtarre befindet.

Bewegungen muskulöſer und anderer contractiler Faſern. — Die Elemente der Mittelhaut der größern Drüſenausführungsgänge, die der Iris des Auges und einzelner anderer ſpäter anzuführender zerſtreuter Gebilde unſeres Körpers nähern ſich anatomiſch und vorzüglich phyſiologiſch den einfachen Muskelfaſern in hohem Grade. Eigenthümlicher dagegen erſcheinen ihren Thätigkeitsäußerungen nach die contractilen Gewebe der Blut- und Lymphgefäße. In der äußern Haut und manchen Arten von Theilen, welche aus Fadencylindern zuſammengeſetzt werden, exiſtiren noch deutliche lebendige Zuſammenziehungserſcheinungen, während diejenige Verkürzung, welche wir an anderen Elementen von ähnlicher anatomiſcher Beſchaffenheit wahrnehmen, ebenſo gut die Folge der Elaſticität, als eigenthümlicher Kräfte ſein können. 700

Schon bei den einfachen Muskelfaſern traten drei Eigenſchaften in höherem Maaße als bei den quergeſtreiften hervor. 1) Ihre Energie wurde zwar ebenſo gut durch Anregung ihrer Nerven, als ihrer eigenen Subſtanz geweckt. Allein die Empfänglichkeit erſchien in dem letztern Falle bedeutend größer als in dem erſtern. Halten wir uns zunächſt nur an diejenigen Verſuche, welche an eben getödteten Thieren angeſtellt worden, und nicht an die Erſcheinungen während des Lebens, ſo kann man den Satz aufſtellen, daß das genannte Geſetz eine um ſo ausgedehntere Anwendung findet, je weiter wir in der Reihe der contractilen Gebilde hinabgehen. 2) Bei den einfachen Muskelfaſern verfließt häufig zwiſchen der Reizung ihrer motoriſchen Nerven und dem Auftreten der Zuſammenziehung ſelbſt ein merkliches Zeitinterſtitium. Auch dieſes wird oft um ſo größer, je weiter wir uns in der Skale der contractilen Elemente von jenen erſteren Gebilden entfernen. 3) Endlich haben wir geſehen, daß Theile, welche einfache Muskelfaſern enthalten, nicht ſelten längere Zeit in ihrem zuſammengezogenen Zuſtande verharren. Dieſe Eigenthümlichkeit gewinnt bei denjenigen contractilen Elementen, welche keiner periſtaltiſchen Bewegung mehr fähig ſind, das Uebergewicht und charakteriſirt daher auch ihre Zuſammenziehungen auf eine hervortretende Weiſe. Die nähere Betrachtung der Eigenſchaften der einzelnen hierher gehörenden Gewebe wird uns die Richtigkeit dieſer Grundnormen ſpecieller belegen. 701

Die Hauptausführungsgänge der Drüſen zeigen bei Reizverſuchen, welche nach dem Tode angeſtellt werden, ſehr lebhafte Bewegungen, die nicht ſelten einen auffallenden periſtaltiſchen Charakter annehmen. Die ausgezeichnetſten Erſcheinungen der Art bieten der Samen- und der Harnleiter dar. Nach Reizung des unterſten Lenden- und des obern Sacraltheiles des Sympathicus geräth nicht ſelten das Vas deferens von Kaninchen oder Meerſchweinchen in einen ſolchen Sturm der Periſtaltik, daß die Wirkung den Contractilitätserſcheinungen des Dünndarmes an Intenſität und Schnelligkeit gleichkommt. An dem Ureter beobachtet man 702

oft dieſelben Erſcheinungen; nur haben ſie in der Regel wegen der relativ dünnern Mittelhaut eine geringere Energie. Aehnliche Reſultate erhalten wir in manchen Fällen nach Reizung einzelner in der Nervenphyſiologie anzuführender Theile des centralen Nervenſyſtems. Der Gallenausführungsgang contrahirt ſich ſeltener nach Reizung der ihm vorſtehenden Nerven oder der entſprechenden Theile des Gehirns [1]), häufig dagegen nach Irritamenten, welche ſeine Muskelhaut treffen. Seine Bewegung kann entweder in einer allgemeinen allmäligen Verengerung oder in einer von der Gallenblaſe nach dem Zwölffingerdarme dahingehenden Periſtaltik beſtehen. Auch an dem Stenonſchen Gange der Ohrſpeicheldrüſe laſſen ſich analoge Beobachtungen anſtellen.

703 Die größern Behälter, wie die Samenblaſen und die Gallenblaſe, zeigten wenigſtens nach den bisherigen Unterſuchungen ein verſchiedenes Verhalten. Bei Meerſchweinchen zogen ſich die Samenbläschen nach Reizung der untern Lenden- und des obern Sacraltheiles des ſympathiſchen Nerven ſo bedeutend zuſammen, daß ihr Inhalt bald darauf zur Spitze der Harnröhre theilweiſe hervortrat. Die Bewegungen waren vollkommen periſtaltiſch und gingen von dem blinden Ende derſelben nach abwärts. An der Gallenblaſe dagegen gelang es wenigſtens bis jetzt noch nicht, auf irgend eine Weiſe wurmförmige Contractionen hervorzurufen. Selbſt die meiſten örtlichen Reize, welche man auf dieſes Organ, ſei es im Leben (bei Kaninchen) oder nach dem Tode anwandte, blieben unbeantwortet. Wenigſtens traten keine ſogleich in die Augen fallende Wirkungen hervor. Ob aber ein geringer Grad allmäliger und bleibender Verengerungen zu Stande komme, bleibt in den meiſten Fällen problematiſch.

704 Wir können nicht annehmen, daß ſich dieſe Contractilitätserſcheinungen einzig und allein auf die Hauptausführungsgänge der Drüſen beſchränken, weil auch die Wandungen der untergeordneteren größern Drüſencanäle weſentlich denſelben Bau wie jene darbieten. Allein directe Erfahrungen fehlen in dieſer Beziehung noch gänzlich. An mikroſkopiſchen Präparaten friſcher Drüſenſubſtanz beobachtet man keine raſch eintretende Verengerung, viel weniger eine periſtaltiſche Bewegung. Bedenken wir aber, daß die einfachen Muskelfaſern der Mittellage der Wandung nicht plötzlich aufhören, ſondern allmälig um ſo zarter werden, je mehr wir uns den Endbläschen der Drüſen nähern, daß aber ſelbſt in dieſen noch relativ ſtarke Mittelhäute exiſtiren, ſo läßt ſich mit Recht annehmen, daß ein gewiſſer Grad von Contractilität allen Drüſengängen von ihrem Anfange bis zu ihrem Ende zukommt. Dieſe erzeugt jedoch nur um ſo eher eine bloß einfache augenblickliche oder anhaltende Verengerung, je einfacher die Structur der Mittelhaut erſcheint, d. h. je weiter wir nach den Endbläschen vordringen. Daß die Erſcheinungen der Abſonderung ſolche Vorſtellungen unterſtützen, iſt zum Theil ſchon bei dieſer (§. 456) angeführt worden und wird ſich in der Nervenphyſiologie noch deutlicher ergeben.

---

[1]) J. **Budge** Untersuchungen über das Nervensystem. Frankfurt am Main, 1842. 8. S. 35.

Die Luftröhre nebſt den Bronchialverzweigungen der Lungen 705
bietet ebenfalls deutliche Zeichen von Contractilität dar. Ließ ich bei eben getödteten Kaninchen den untern Kehlkopfnerven reizen, während ich die Luftröhrenringe mit der Loupe beobachtete, ſo hatte es das Anſehen, als würden die letzteren in demſelben Augenblicke einander genähert. Bei dem Pferde konnte ich den gleichen Erfolg nicht wahrnehmen. Allein Longet [1]) beobachtete, daß Galvaniſation des herumſchweifenden Nerven bei größern Hausſäugethieren eine deutliche Zuſammenziehung der Luftröhrenverzweigungen zur Folge hat. Die ſchärfſten Reſultate aber lieferten in dieſer Beziehung die Verſuche von Williams [2]). Dieſer Forſcher exenterirte bei Hunden die Lungen, brachte in die Luftröhre ein mit Waſſer gefülltes Hämadynamometer und leitete durch die erſteren einen galvaniſchen Strom. Die Flüſſigkeit ſchwankte dergeſtalt, daß der Unterſchied des Niveau die Höhe eines Zolles bisweilen erreichte. Dieſe Irritabilität der Lungen erloſch häufig unmittelbar nach dem Tode des Thieres, trat aber wieder ſpäter hervor und erhielt ſich dann ungefähr 1 Stunde lang. Zu lange Reizung erſchöpfte ſie ſehr bald gänzlich. Nach Tödtung durch einen Schlag auf das Hinterhaupt, durch Verblutung, durch Stramonium oder Belladonna ſoll ſie meiſt ſogleich verſchwinden, nach Vergiftung durch Strychnin, Coniin oder Morphin bedeutend geſchwächt, nach der durch Blauſäure dagegen gar nicht verändert werden. Immer aber erhält man ſtärkere Wirkungen, wenn man die Lungenſubſtanz ſelbſt reizt, als wenn die Verzweigungen der herumſchweifenden Nerven in Affection geſetzt werden.

In der Regel beruft man ſich, um die Contractilität des Lungengewebes zu erhärten, auf die vielfach gemachte Erfahrung, daß nach Durchſchneidung der beiden herumſchweifenden Nerven nicht ſelten Lungenemphyſem entſtehe, d. h. daß die Lungenbläschen durch viel Luft krankhaft ausgedehnt werden. Allein dieſe Thatſache verliert ihre Beweiskraft, wenn wir bedenken, daß die Athemzüge nach jener Operation unregelmäßiger und früher oder ſpäter ſeltener, aber tiefer werden. Hierdurch müßten ſich auch die Lungenbläschen, wenn ſie ſelbſt nur dehnbar wären und keinen entſprechenden Grad von Elaſticität beſäßen, vergrößern. Uebrigens werden wir in der Nervenphyſiologie auf dieſen Punkt zurückkommen.

Für die Bewegungen der Regenbogenhaut des Auges geben uns 706
die Verhältniſſe der Pupille den unmittelbarſten und ſicherſten Maaßſtab. Bei dem Menſchen bildet in der Regel das Sehloch einen größern oder geringern Kreis. Nur krankhafter Weiſe erhält es eine elliptiſche Form oder wird unregelmäßig verzogen, winkelig u. dgl. Obgleich uns aber die ſpecielle Mechanik der Iris noch nicht hinreichend klar iſt, ſo deuten doch alle Erſcheinungen darauf hin, daß die geringſte Größe der Pupille durch eine ſtarke Zuſammenziehung der ſphincterartig wirkenden Muskelfaſern hervorgerufen wird. Die möglichſte Erweiterung derſelben aber iſt keine bloß ſecundäre Folge des Maximum der Erſchlaffung, ſondern geht ebenfalls aus der Mitwirkung anderer bogiger Strahlenfaſern, welche ſich dabei activ zuſammenziehen, hervor.

---

[1]) L'Institut, 1842. Nr. 354. 315.
[2]) Report on the tinth Meeting of the British Association for the advancement of science, hold at Glasgow in August 1840. London, 1841. 8. p. 411—21.

707 Auch bei der Regenbogenhaut kehrt zwar das ſchon erwähnte Verhalten, daß die Zuſammenziehungen nicht ausbleiben, wir mögen die Muskelfaſern ſelbſt oder deren motoriſche Nerven reizen, wieder. Allein für die letztere Art von Affection exiſtirt unter normalen Verhältniſſen mindeſtens eine ebenſo große, wo nicht eine bedeutendere Excitabilität, als für die erſtere. Die Veränderungen des Lichtes, welche zunächſt die Netzhaut treffen und ſich von da in ihren Aequivalenten auf die Ciliarnerven übertragen, verengern die Pupille augenblicklich. Wirkungen, welche den dreigetheilten, den gemeinſchaftlichen Augenmuskelnerven oder den oberſten Halstheil des ſympathiſchen Nerven berühren, üben bald ihren Einfluß auf die ſtatiſchen Momente der Iris aus. Auflöſungen von manchen narcotiſchen Subſtanzen, vorzüglich von den Extracten des Bilſenkrautes oder der Tollkirſche lähmen die Pupille desjenigen Augapfels, auf welchen ſie angewandt werden, während ſie, wenn ſie nicht in zu großer Menge gebraucht worden, den andern Bulbus nicht afficiren. Die mechaniſchen Reize dagegen, welche ſich auf die Regenbogenhaut ſelbſt erſtrecken, müſſen ein gewiſſes Quantum von Wirkung beſitzen, wenn deutliche Erfolge zum Vorſchein kommen ſollen. Die Pupille zieht ſich zwar häufig ſogleich zuſammen, ſobald wir die wäſſerige Feuchtigkeit des Auges durch eine in die Hornhaut gemachte Oeffnung abfließen laſſen oder die Linſe ausziehen. Sie verengert ſich faſt immer, wenn wir die Iris ſelbſt mit der Spitze der Staarnadel berühren. Allein ein bloß äußerlich ausgeübter Druck auf den unverletzten Bulbus bringt in der Regel keine Veränderung des Sehloches hervor. Die Application von ſcharfen Körpern, welche die Nerven der Iris nicht ſogleich afficiren, wirken, abgeſehen von den ſie begleitenden Nebenumſtänden, auf die Regenbogenhaut nicht ein. Galvaniſation des lebenden Auges kann zwar von der Iris beantwortet werden. Allein die ſtarre Regenbogenhaut eben getödteter Thiere verhält ſich gegen dieſe Art von Reiz meiſtentheils indifferent.

708 Im Leben muß die Pupille, wie wir in der Lehre von dem Sehen kennen lernen werden, die verſchiedenen Einflüſſe des Lichtes, die mannichfachen Momente des Nah- und Fernſehens u. dgl. beſtimmt beantworten, wenn die Optik des Auges ihre Zwecke erreichen ſoll. In dieſer Beziehung reagirt die Iris gleich dem empfindlichſten Muskel. Allein anderſeits kann auch ihr Gewebe ſehr lange in einem gewiſſen ſtarren Zuſtande verharren. Nach Zerſtörung des dreigetheilten Nerven z. B. bleibt die Pupille bei dem Menſchen und dem Kaninchen Wochen lang auffallend verkleinert, bei Hunden und Katzen dagegen einen eben ſo bedeutenden Zeitraum hindurch vergrößert. Unter mancherlei krankhaften Verhältniſſen des Auges, z. B. bei Lähmung der Netzhaut, bei Leiden der Ciliarnerven beobachten wir die gleiche Unveränderlichkeit des dann meiſt vergrößerten Sehloches. Bei gewaltſamen Todesarten wechſelt der Umfang der Pupille. Im Momente der Enthauptung z. B. erweitert ſie ſich nicht ſelten, um nach wenigen Secunden in eine bleibende Verkleinerung überzugehen. Häufig hat ſie dann auf dem einen Auge einen geringeren, auf dem andern einen bedeutenderen Durchmeſſer. Dieſer Zuſtand erhält ſich eine

Zeit lang, oft mehrere Tage hindurch, und macht hierauf einem anderen wiederum verharrenden Verhältniſſe Platz. An manchen Leichen endlich zeigt ſich, daß ſich die Pupille einige Stunden nach dem Tode allmälig verengt und ſpäter von Neuem erweitert. Dieſes deutet darauf hin, daß auch dieſen Gebilden eine Art von Todtenſtarre zukomme.

Wir werden die mannigfaltigen Bewegungen der Iris, ſofern ſie zum Sehen dienen, in der Phyſiologie des Auges, und ſoweit ſie von den Nerven abhängen, in der des Nervenſyſtemes genauer kennen lernen. Vorzüglich die letztere Betrachtung wird noch Veranlaſſung geben, manche Punkte, welche die Contractionserſcheinungen der Regenbogenhaut betreffen, zu ergänzen.

Bevor man die Elemente der Iris durch eine genauere mikroſkopiſche Beobachtung und eine ſpeciellere phyſiologiſche Forſchung als muskulös erkannte, als man noch die Faſern der Iris mit nicht contractilen Gebilden unſeres Körpers zuſammenſtellte, war man genöthigt, die Zuſammenziehungen der Regenbogenhaut aus anderen Quellen herzuleiten. Vor Allem ſtützte man ſich hierbei auf ihren Gefäßreichthum. Man ſah nämlich in der Verengerung der Pupille eine Art von Erection der Iris, indem dann eine reichlichere Blutmenge das Schwammgewebe derſelben durchdringe und ſo ihre Volumensveränderung hervorrufe [1]). Allein eine ſolche Hypotheſe widerſtreitet den genaueren Begriffen, welche man indeß über die Mechanik der Erection durch verſchiedenartige Füllung mit Blut gewonnen hat. Wir haben nämlich in allen Organen, in welchen ein Proceß der Art zu Stande kommt, wie z. B. in der Milz und vorzüglich in den cavernöſen Körpern des männlichen Gliedes, der Clitoris und der inneren Schaamlefzen große venöſe Maſchenräume, in denen das Blut zur Zeit der Steifung in bedeutender Menge angehäuft und zurückgehalten wird. Die Regenbogenhaut bietet keinen Bau der Art dar. Daß ihre Gefäße geſchlängelt verlaufen, beweiſt noch nichts. Denn dieſe Einrichtung exiſtirt in allen Apparaten, welche nach Verſchiedenheit der Verhältniſſe ihre Umfangsbegrenzungen ändern. Selbſt in den rothen Muskeln ſind die Gefäße ſo angeordnet, daß ſie ſich während der Zickzackbiegungen der Muskelfaſern wellenartig krümmen. Wäre eine größere Blutfülle die Urſache der Bewegung der Iris, ſo müßte ſich dieſes durch die Färbung derſelben bei Albinos der Menſchen und der Thiere, wo das Blut deutlich durchſchimmert, zu erkennen geben. Daß dieſes aber nicht Statt finde, kann man bei weißen Kaninchen leicht wahrnehmen.

Schon bei den quergeſtreiften und vorzüglich den einfachen Muskelfaſern ereignet es ſich bisweilen, daß ein einmal angenommener Verkürzungszuſtand längere Zeit beibehalten wird. Die Regenbogenhaut bietet noch öfter daſſelbe dar. Selbſt die Verſchiedenheit des Lichtes, gegen welches ſie ſonſt ſo empfindlich iſt, verliert häufig ihre Wirkſamkeit, weil z. B. die Fixation ferner Gegenſtände eine große Pupille fordert, wenn auch ein ſtarkes Lichtquantum die Netzhaut trifft. In den größeren Gefäßen, den **Arterien**, **Venen** und **Lymphgefäßen** tritt aber dieſer Fall in höherem Maaße ein und erſcheint gewiſſermaßen als Grundregel. Ihre Wandungen haben ſämmtlich einen deutlich nachweisbaren Grad von Contractilität. Allein ſie erſcheint nicht plötzlich, um eben ſo raſch zu verſchwinden, ſondern kommt allmälig zu Stande und hält dafür deſto länger an. Die Verengerung ſtellt ſich ſogar ſo langſam ein, daß wir ſie meiſt ſelbſt unter dem Mikroſkope nicht verfolgen können. Wir nehmen ſie erſt dadurch wahr, daß der Durchmeſſer des Gefäßes nach einiger Zeit bedeutend verkleinert iſt. Nur wenn dieſe Röhren ihres Inhaltes, des Blutes oder der 709

---

[1]) E. H. Weber Tractatus de motu iridis. Lipsiae, 1821. 4. J. E. König Observationes de organis motum iridis perficientibus. Lipsiae, 1842. 4.

Lymphe, beraubt ſind, ſinkt ihr Caliber ſchneller. Ihr Lumen kann dann ſogar, vorzüglich wenn es Arterien oder Lymphgefäße ſind, faſt gänzlich verſchwinden.

Hat aber einmal dieſe Verengerung ihren Gipfelpunkt erreicht, ſo geht ſie nicht plötzlich in Erſchlaffung über. Die letztere ſtellt ſich vielmehr ebenfalls nur nach und nach ein. Ueberdies braucht ſie dem Ende der Contraction nicht unmittelbar zu folgen. Es kann vielmehr das Gefäß eine lange Zeit hindurch ſein verkleinertes Caliber beibehalten.

Wie aber die Natur die Eigenſchaften ihrer Apparate den Thätigkeiten, welche durch dieſe verſehen werden ſollen, anpaßt, ſo zeigt ſich auch in Betreff dieſer Eigenthümlichkeit der größeren Gefäße eine genaue, dem Zwecke entſprechende Berechnung. Eine ſchnell abwechſelnde Zuſammenziehung und Erſchlaffung, wie ſie die Muskeln darbieten, hätte in den Arterien, den Venen und den Lymphgefäßen eine rhythmiſche ſelbſtſtändige Pulſation hervorgerufen. Eine ſolche konnte der Mechanik des Kreislaufes mehr ſchaden als nützen. Exiſtirte ſie, ſo wäre die Centraliſation, welche durch das Herz erzielt iſt, entweder aufgehoben oder wenigſtens bedeutend geſchwächt worden. Indem aber die größeren Gefäßſtämme eine Contractilität erhielten, welche, ſich ſtreckenweiſe ausdehnend, allmälig eintritt, eine Zeit lang verharrt und langſam verſchwindet, war, wie ſchon in der Lehre vom Kreislaufe dargeſtellt wurde (§. 355), den Röhren ſelbſt die Fähigkeit verliehen, ihr Flußbett und dadurch die Schnelligkeit der Bewegung der in ihr enthaltenen Flüſſigkeit temporär zu verändern. Unter ſolchen Verhältniſſen mußten aber da, wo wahre rhythmiſche Pulſationen hervortreten ſollten, Muskelfaſern angebracht werden. Dieſes ſehen wir auch an den Lymph- und den Nebenherzen der Thiere und den contractilen Theilen der Hohl- und der Lungenvenen des Menſchen.

710 Die Arterien ziehen ſich bisweilen ſchon, wenn ſie bloßgelegt werden, durch den alleinigen Reiz der Luft zuſammen. Ihr Caliber nimmt dann eine Strecke weit, jedoch nur, ſobald ſie Blut führen, ſehr unbedeutend und allmälig ab. Durch mechaniſche Irritamente oder durch Kälte können locale Einſchnürungen oder allgemeinere Verengerungen der Berührungsſtelle oder ſelbſt ausgedehnterer Parthieen entſtehen [1]. An dem Gekröſe der Feuerkröte vermag ſich der Durchmeſſer einer Schlagader durch Auftröpfeln kalten Waſſers auf $1/3$ bis $1/4$ ſeines früheren Werthes zu reduciren (Schwann). Für galvaniſche Ströme ſcheint die Haut der Arterien minder empfänglich zu ſein. Chemiſche Subſtanzen, wie Säuren und Alkalien, verengern zwar; allein es bleibt noch dahin geſtellt, wieviel hierbei der Zerſtörung des contractilen Gewebes ſelbſt zuzuſchreiben ſei. Nach Nervenreizen zieht ſich dieſes bisweilen deutlich zuſammen.

711 Wird eine Arterie durchſchnitten, ſo daß das Blut ausfließt, ſo vermindert ſich nicht bloß ihr Querdurchmeſſer, ſondern ſie zieht ſich auch der Länge nach zurück. Beides erfolgt ſelbſt an denjenigen Fragmenten, durch

---

[1]) Siehe J. Henle allgemeine Anatomie. Leipzig. 1841. 8. S. 513. Budge allgemeine Pathologie. Bonn, 1843. 8. S. 189.

welche noch ein Blutſtrahl hervorgetrieben wird. Daß die Erſcheinung keine bloße Folge der Elaſticität der Schlagaderwandungen ſei, lehrt das Ausbleiben derſelben an älteren, jedoch noch nicht zu ſehr faulenden Leichen. Vergl. übrigens §. 355 fgg.

Da die Verkleinerung des Querdurchmeſſers bei den meiſten Beobachtungen, welche wir über die Zuſammenziehung der Arterien anſtellen, vor Allem in die Augen fällt, ſo ſchloß man hieraus, daß die Ringfaſern derſelben die vorherrſchend oder ausſchließlich contractilen Elemente ſeien. Allein die nicht minder klar hervortretende Längenverkürzung beweiſt, daß auch andere Gewebe der Schlagaderwandungen die Eigenſchaft der lebendigen Verkürzung theilen können.

Die Venen beantworten meiſtentheils äußere, bei phyſiologiſchen Verſuchen angebrachte Reize auf keine ſo auffallende Art, als die Arterien. Werden ſie bloßgelegt und dadurch der Einwirkung der Atmoſphäre ausgeſetzt, ſo verengern ſie nicht immer ihr Lumen. Nach vorgenommener Quertheilung fallen ſie eher zuſammen, behalten aber ihren Umfang mehr oder minder bei und verkürzen ſich nicht in dem Maaße, wie die Arterien. Durch Reizung der Nerven laſſen ſich faſt nie poſitive Erfolge erzielen. Mechaniſche Irritation oder die Einwirkung des kalten Waſſers bleiben häufig indifferent. In ſeltneren Fällen dagegen bilden ſich einzelne Einſchnürungen oder ausgedehntere Verengerungen. Auch gegen Galvanismus ſind ſie meiſt unempfindlich. Chemiſch zerſtörende Reize verkürzen ſie theils in Folge der Umänderung der Subſtanz der Wandungen, theils durch die lebendige Reaction der Gewebe. Das letztere erhellt daraus, daß ſich manche Stellen, welche von der Flüſſigkeit nicht unmittelbar getroffen werden, zuſammenziehen und ſpäter wiederum ausdehnen. Daß endlich der Umfang lebender Blutadern bei unverſehrtem Körper nach äußeren Veranlaſſungen häufig wechſele, können wir leicht an unſeren eigenen Hautvenen wahrnehmen. Allein ſolche Erfahrungen geben noch keine ſtricten Beweiſe für die hier zu betrachtenden Eigenſchaften dieſer Gebilde. Vergl. §. 378.

Da die Wandungen der Capillaren die weſentlichen Elemente der 712
größeren Gefäße darbieten, ſo würde es ſchon aus dieſem einen Grunde keinem Zweifel unterliegen, daß auch ihnen contractile Eigenſchaften zukommen. In der That beſtätigen dieſes auch directe Erfahrungen. In abgeſchnittenen Theilen friſch getödteter Thiere ſehen wir nicht ſelten, daß ſich einzelne feinſte Blutgefäße, welche kein Blut mehr enthalten, bis zum Verſchwinden ihres Lumens zuſammenziehen und fädig dünn werden. Die im Leben an unverletzten Organen anzuſtellenden Unterſuchungen fallen häufig minder entſcheidend aus, weil der Druck, unter welchem das Blut durchfließt, die Geſchwindigkeit und Conſiſtenz der letzteren Complicationen bilden, deren Werth wir nicht immer genau berechnen können. Nichtsdeſtoweniger finden ſich auch hier einzelne Beobachtungen, welche eine definitive Beweiskraft beſitzen. Legen wir z. B. die Lunge eines lebenden Froſches auf die §. 367 geſchilderte Weiſe bloß, ſo ſehen wir bisweilen, daß ſich die Capillaren durch den bloßen Reiz der Atmoſphäre verengern.

Aehnliche Beobachtungen ergaben ſich bei Anwendung der Kälte oder Wärme und einzelner Salze, welche die Conſiſtenz des Blutes nicht weſentlich verändern. Daß die Capillaren den Einwirkungen des Nervenſyſtemes ſehr prompt gehorchen, lehren das Erblaſſen durch Schreck oder Furcht, das Erröthen durch Schaam oder andere Gemüthsaffecte. Vergl. §. 373.

713 Nach der Analogie der größeren Gefäßſtämme betrachtet man im Allgemeinen die Verengerung der Capillaren als den Ausdruck einer ſtärkeren Contractilität, die Erweiterung dagegen als die Folge der Lähmung derſelben. Nehmen wir den letzteren Ausdruck nur bildlich, um einen bloß verminderten Zuſammenziehungsgrad zu bezeichnen, ſo kann jene Vorſtellung für die meiſten Fälle richtig bleiben. Das normale Blut ſtrömt in den Capillaren unter einem beſtimmten Drucke. Vermögen die Wandungen der feineren Blutgefäße ihn zu überwinden und die durch ihre Verengerung entſtehende Vergrößerung deſſelben auszuhalten, ſo wird eine Verkleinerung des Lumens reſultiren. Sind dagegen die Contractilitätserſcheinungen ſchwächer als im mittleren Normalzuſtande, ſo muß eine Erweiterung zu Stande kommen. Allein anderſeits bleibt es auch wenigſtens theoretiſch denkbar, daß die letztere Erſcheinung wenigſtens in manchen Fällen aus einer activen Veranlaſſung der Capillarwände hervorgehen könne. Wäre es z. B. möglich, daß ſich die Längenfaſern ohne die Querfaſern contrahiren, ſo müßte hieraus eine Vergrößerung des Lumens reſultiren. Dieſe kann auch die Folge der überwiegenden Contractilität von Nachbargebilden über die der Capillarwandungen darſtellen. Die Zuſammenziehung der Lederhaut z. B. vermag vielleicht die in den Taſtwärzchen enthaltenen Blutgefäße ſecundär zu erweitern. Vgl. §. 373.

714 Die Reizbarkeitsphänomene der Lymphgefäße endlich erinnern in vielen Punkten an die der Venen. Durch die bloße Einwirkung der Luft ziehen ſie ſich häufig ſehr ſtark zuſammen. Mechaniſche Irritation oder die Anwendung von kaltem oder warmem Waſſer bleibt bald unbeantwortet; bald dagegen wird ſie durch örtliche oder allgemeinere Einſchnürung erwiedert. Wurden die Elektroden einer ſtarken galvaniſchen Säule an den Milchbruſtgang einer Ziege angelegt, ſo erfolgte zwar keine augenblickliche Zuſammenziehung. Allein das Lymphgefäß ſchien ſich nach einiger Zeit local etwas verengert und kleine Einſchnürungen erhalten zu haben (Joh. Müller). Wieviel übrigens bei ſolchen Wirkungen auf Rechnung des galvaniſchen Stromes komme und was durch ſeine elektrolytiſchen Effecte bedingt werde, bleibt unentſchieden. Durch Betupfen mit einer ſchwachen Auflöſung von kauſtiſchem Kali wurde ein am Halſe eines lebenden Pferdes bloßgelegtes Lymphgefäß in einen dünnen Faden verwandelt. Rauchende Salzſäure wirkte noch ſtärker und coagulirte zugleich die enthaltene Lymphe zu einem weißem Rahme. Vergl. §. 284.

715 Unter denjenigen Gebilden, welche, dem freien Auge nach zu urtheilen, aus Zellgewebe beſtehen, zeichnet ſich die Dartos durch ihre auffallenden Contractilitätserſcheinungen aus. Bekanntlich runzelt ſich der Hodenſack, ſobald er mit kaltem Waſſer in Berührung kommt, eine Erſcheinung, welche eben durch die auf dieſe Weiſe in Thätigkeit geſetzte Verkürzung de

Dartos bedingt wird. Wärme erſchlafft dieſelbe. Gegen Galvanismus dagegen verhält ſie ſich indifferent (Jordan, Joh. Müller)[1]). Dieſe Erfahrung zeugt aber noch nicht direct für die Zuſammenziehungsfähigkeit des gewöhnlichen Zellgewebes. Denn eine genauere mikroſkopiſche Unterſuchung der Dartos des Menſchen lehrt, daß ſie nicht bloß aus feinen Fadencylindern beſtehendes Zellgewebe enthält, ſondern auch eine Art platter, einfacher Faſern führt, welche an die muskulöſen Elemente der Arterien und zum Theil der Iris erinnern.

Obgleich die Lederhaut aus bloßen Fadencylindern, welche denen des Zellgewebes iſomorph ſind, zuſammengeſetzt zu werden ſcheint, ſo beſitzt ſie doch mit Sicherheit nachweisbare Contractilitätseigenſchaften. Dieſes erhärten ſchon die Verhältniſſe der ſogenannten Gänſehaut, bei welcher die fadigen Elemente der Cutis dergeſtalt verkürzt werden, daß die Haare und die Hautdrüſen mehr hervortreten. An den ſeröſen und den Schleimhäuten haben wir keine ſo deutlichen Belege der Zuſammenziehungsfähigkeit, obgleich ſich wahrſcheinlich die letzteren ebenfalls ſelbſtſtändig verkürzen können. Die Fadencylinder des Unterhaut- und des verbindenden Zellgewebes, der Schleimbeutel, der Gelenkkapſeln und ſelbſt der harten Haut des Auges, der Muskelſcheiden und der Sehnen können zwar ihre Längenausdehnung dadurch vermindern, daß ſie ſich wellig biegen und kräuſeln. Allein dieſe Eigenſchaft ſcheint eine bloße Folge ihrer Elaſticität, nicht aber einer organiſchen Contractilität zu ſein. Auch das eigentliche elaſtiſche Gewebe bietet wahrſcheinlich dieſelben Grundverhältniſſe dar. Die Elemente der Epithelien (mit Ausnahme des ſchon berührten Flimmerepithelium), der Horngewebe, der Kryſtalllinſe, der Knorpel, der Knochen, des Nervenſyſtemes und des Fettes zeigen keine Erſcheinungen, welche auf eine eigenthümliche Contractilität hindeuten. 716

Ueberblicken wir nun aber die Reihe der Elemente, welche einer lebendigen Zuſammenziehung fähig ſind, ſo giebt ſich trotz der mannigfachen Aehnlichkeiten eine gewiſſe Stufenfolge deutlich zu erkennen. Die quergeſtreiften Muskelfaſern zucken nach Anwendung der verſchiedenartigſten Irritamente und beantworten dieſe Angriffe, ſo lange die Reizbarkeit überhaupt beſteht, auf ſichere Weiſe. Hier, wo die Contractilität das Maximum ihrer Ausbildung erreicht, iſt auch ihr Erſcheinen faſt ebenſo beſtimmt, als das eines jeden andern an gewiſſe, leicht zu erregende Vorbedingungen gebundenen Phänomens. Die Contraction tritt auch meiſtentheils nur augenblicklich auf und macht ſogleich der nachfolgenden Erſchlaffung Platz. Sie erfolgt im Durchſchnitt nach Reizung der Muskelſubſtanz ſelbſt ebenſo häufig wie nach der der Nerven. Bei den einfachen Muskelfaſern iſt die Zahl der Reize, welche die Energien dieſer Elemente hervorrufen, noch ebenſo groß. Allein der Angriff auf die Muskelmaſſe ſelbſt iſt oft glücklicher, als der, welcher die motoriſchen Nerven derſelben trifft. Die Bewegung erſcheint in vielen Fällen erſt einige Zeit nach der Reizung, pflanzt 717

[1]) Jordan in Müller's Archiv, 1834. S. 315. Joh. Müller's Physiologie. Bd. II. S. 27. 28.

ſich periſtaltiſch fort oder erhält ſich eine Zeit lang als bleibende Verengerung. Diejenigen contractilen Gebilde, welche ſich anatomiſch, wie phyſiologiſch den einfachen Muskelfaſern zunächſt anſchließen, theilen auch noch eine oder die andere Eigenſchaft derſelben. Die Ausführungsgänge der Drüſen zeugen hierfür am deutlichſten. Sie reagiren ſowohl auf Reize, welche ſie ſelbſt, als auf ſolche, welche ihre Nerven treffen. Die Bewegungen ſind wurmförmig und unter günſtigen Verhältniſſen ebenſo ſtürmiſch, wie die des Dünndarmes. Von nun aber hört die Periſtaltik auf. Es erſcheint nur eine, oft erſt nach längerer Zeit eintretende Verengerung, welche eine Zeit lang verharrt und erſt allmälig ſchwindet. Nach dem Tode rufen immer local angebrachte Reize ſichrere Erfolge, als Irritamente, welche die Nerven afficiren, hervor. Ueberhaupt aber werden die Erſcheinungen gleichſam capriciöſer. Poſitive Effecte bleiben häufig aus, ohne daß wir uns immer eine bündige Rechenſchaft von den Urſachen dieſes Reſultates geben können. Die Reihe der Irritamente endlich, welche intenſive Wirkungen bedingen, verkleinert ſich. Die Gefäße werden für den Galvanismus, die Dartos und zum Theil die Lederhaut für dieſen und mechaniſche Affectionen unempfänglicher. Die Einwirkungen der Temperatur und chemiſcher Löſungen, ſowie im Leben der directe oder indirecte Befehl der Nerven bleiben am längſten in ihrem Rechte und ſcheinen überall die Contractilitätseigenſchaften in Thätigkeit ſetzen zu können.

718 Von den eben behandelten Erſcheinungen der Contractilität ſind noch die der **Tonicität** zu unterſcheiden. Durch jene nämlich wird immer nur ein Verkürzungszuſtand, welcher bald wieder verſchwindet, hervorgerufen. Der Tonus eines Gewebes hingegen beſteht in einer gewiſſen mittleren Spannung, welche ihm im Normalzuſtande immer zukommt. Obgleich nun vielleicht Tonicität und Contractilität aus denſelben weſentlichen Grundurſachen hervorgehen, ſo leidet es doch nach unſern gegenwärtigen Kenntniſſen kaum einen Zweifel, daß die Möglichkeit des Tonus Elementen, welche keine lebhafte Contractilität beſitzen, keineswegs abgeht. Dieſes ſehen wir z. B. deutlich an den Gelenkbändern und zum Theil den Sehnen, welche bei Mangel ihres Tonus erſchlaffen und dadurch zu Abnormitäten, z. B. der Stellungen des Skeletts, Veranlaſſung geben [1]). Umgekehrt können eben ſolche Gebilde, wenn krankhafte Vorbedingungen eintreten, ein Zuſammenziehungsvermögen entwickeln, das wenigſtens im geſunden Zuſtande nicht ſo deutlich zum Vorſchein kommt. Unter normalen Verhältniſſen giebt ſich z. B. dieſes durch kein auffallendes Zeichen an der Sklerotika zu erkennen. Sind dagegen Kryſtalllinſe und Glaskörper entfernt worden, ſo fällt die harte Haut des Auges nicht bloß zuſammen, ſondern verkürzt ſich auch, ſei es durch Ernährungsveränderungen oder aus andern Urſachen, auf eine dem verminderten Volumen des Bulbus entſprechende Weiſe. (Vgl. §. 47.) An den Gelenkbändern, den Sehnen und deren Scheiden, den faſerigen Muskelhüllen zeigen ſich unter krank-

[1]) Siehe E. Stromeyer über Atonie fibröser Gewebe und deren Rückbildung. Würzburg, 1841. 8.

haften Bedingungen ähnliche Verminderungen der Längenausdehnung, deren Folgen, ſo weit ſie den Menſchen betreffen, bei den Specialbewegungen des letztern betrachtet werden ſollen.

Mechaniſche Verhältniſſe der Bewegungsorgane thieriſcher Theile. — Soll eine Bewegung überhaupt zu Stande kommen, ſo muß ein träger Körper durch eine auf ihn einwirkende Kraft zum Wechſel ſeines Ortes veranlaßt werden. Hierbei erfolgt, wie bei allen todten Hebeln, eine Verrückung des Körpers im Ganzen, oder es nehmen die Molecule, wie z. B. durch Einwirkung einer Temperaturveränderung, eine andere gegenſeitige Stellung an, oder lagern ſich in abweichenden Entfernungen von einander. Bei den organiſchen Bewegungen erzeugt die Reizbarkeit, durch deren Einfluß die contractilen Elemente verkürzt werden, die Kraft, welche die Ortsveränderung anregt. Andere Organe dagegen, die mit den irritablen Gebilden feſt verbunden ſind, übernehmen die Rolle von Hebeln und unterwerfen ſich auf paſſive Weiſe dem Zuge, welcher auf ſie ausgeübt wird. Man nennt daher auch dieſe Apparate die paſſiven, die reizbaren Theile dagegen die activen Bewegungswerkzeuge. 719

Halten wir uns zunächſt an die Muskelfaſern, ſo finden wir, 720
daß ihnen eine gewiſſe Reihe von Geweben, wie z. B. die iſolirten Bündel des Zellgewebes, die Fettzellen, die Epithelien, die Linſenfaſern, die Elemente des Nervenſyſtems, die Lymphgefäße und, wenn man von dem Herzen abſieht, die Blutgefäße in keinem Falle als unmittelbare paſſive Bewegungsorgane dienen. Dagegen treten in dem menſchlichen Organismus die Knochen, die Knorpel, die aus Fadencylindern zuſammengewebten Häute und die Sehnen in dieſer Rolle auf. Bei einzelnen Thieren können auch noch die Zähne und die Haare oder deren Aequivalente ſolche Functionen übernehmen. Uebrigens verſteht es ſich von ſelbſt, daß alle Gewebe ohne Unterſchied auch in unſerem Körper als mittelbar bewegte Theile zu erſcheinen im Stande ſind.

Die obigen Anſatztheile beziehen ſich natürlicher Weiſe, ſo wie ſie genannt wurden, auf die phyſiologiſchen Verhältniſſe. Denn ſtreng anatomiſch genommen, kann ſich jeder Muskel nur an ein Faſercylindergewebe anſetzen. Bei den Knochen und Knorpeln dienen die Beinhaut und die Knorpelhaut zu dieſem Zwecke.

Für größere Kraftwirkungen können nur, wie ſich von ſelbſt verſteht, 721
feſtere Hebel gebraucht werden. Hierzu ſind vor Allem die Knochen oder Apparate, welche ihnen in dieſer Beziehung mehr oder minder äquivalent ſind, geeignet. Daher finden wir auch zunächſt als Norm, daß ſich alle aus quergeſtreiften Faſern beſtehenden Muskeln, welche zu verhältnißmäßig bedeutenderen Kraftäußerungen beſtimmt worden, mit ihren beiden Enden unmittelbar oder häufiger noch zum Theil ſehnigt an Knochen anheften. Dieſes ſehen wir z. B. an dem Masseter, Temporalis, Pterygoideus externus und internus, Sternocleidomastoideus, Omohyoideus, Digastricus maxillae inferioris, Mylohyoideus, Geniohyoideus, Stylohyoideus, Rectus capitis anticus major und minor, Rectus capitis lateralis, den Scalenis und den meiſten Muskeln des Nackens, des Rückens, der oberen und

Bayerische Staatsbibliothek

und der unteren Extremitäten des Menſchen. Andere, welche ebenfalls noch proportionell bedeutende Wirkungen zu Stande bringen, werden ihrem Verlaufe nach genöthigt, ſich wenigſtens mit einem Theile ihrer Faſern oder auch an dem einen Ende gänzlich an Knorpelmaſſen anzufügen. So z. B. der Sternohyoideus, Sternothyreoideus, Hyothyreoideus, Pectoralis major und bisweilen der Pectoralis minor, der Subclavius, die Intercostales externi und interni, der Rectus abdominis, das Zwerchfell u. dgl. Nur ausnahmsweiſe erſcheint hier der bei dem langen Kopfe des Biceps brachii eintretende Fall, daß die Urſprungsſehne durch das Schultergelenk verläuft und ſich zur Gelenkfläche des Schulterblattes und der hier befindlichen knorpeligen Lippe begiebt.

722 Ein hinreichendes Aequivalent für ſolche knöcherne oder knorpelige Anſatzſtellen bilden ſtraffere Bänder, vorzüglich wenn ſich nur ein Theil der Muskelfaſern auf ſie, ein anderer dagegen auf jene härtern Subſtanzen ſtützt. Dieſes erhellt ſchon aus der Betrachtung der meiſten Nacken- und Rückenmuskeln, bei deren Befeſtigung ſich auch die zwiſchen den Wirbeln und an deren Fortſätzen angebrachten ligamentöſen Apparate betheiligen. Auf gleiche Weiſe verlaufen Faſern des Cucullaris an das verhältnißmäßig rudimentäre Nackenband des Menſchen, ſolche des Supinator brevis und des Extensor carpi radialis brevis an das Ringband der Speiche, einzelne des Obliquus abdominis internus an das Ligamentum Poupartii, des Iliacus internus an das Ligamentum ileo-lumbale, des Glutaeus maximus an das Ligamentum ileo-sacrum und tuberoso-sacrum und des Flexor hallucis brevis und des Adductor hallucis an das Ligamentum calcaneo-cuboideum.

723 Auf ähnliche, jedoch nicht ganz gleiche Art verhalten ſich fibröſe Häute, welche in Knochenöffnungen oder Spalten feſt ausgeſpannt ſind. So z. B. entſpringen die Muskelfaſern des Flexor digitorum communis profundus, des Extensor pollicis brevis, des Extensor indicis proprius und zum Theil des Abductor pollicis longus von dem Zwiſchenknochenbande des Vorderarmes, des Obturator internus (weniger des externus) von der Membrana obturatoria und des Tibialis anticus, des Extensor digitorum pedis communis longus, des Extensor hallucis longus, des Tibialis posticus und Flexor communis digitorum pedis longus von dem Ligamentum interosseum des Unterſchenkels.

724 Dünnere fibröſe Häute, welche nur einer gewiſſen Anſpannung oder Befeſtigung fähig ſind, eignen ſich, als Ausgangspunkte eines Theiles der Faſern mittelſtarker Muskeln zu functioniren. Dieſem entſprechend kommen z. B. einzelne Faſern des Coracobrachialis von dem ſogenannten Ligamentum intermusculare internum, des Brachialis internus, Supinator longus und Extensor carpi radialis longus von den Ligamenta intermuscularia des Armes, des Levator ani von der Beckenfascie und deren ſehnigtem Bogen u. dgl.

725 Die Binden, welche größere Muskelgruppen einhüllen, können zunächſt in analogen Verhältniſſen auftreten. So z. B. entſtehen Faſern des Extensor carpi radialis brevis und des Extensor communis digitorum von

der Vagina cubiti, des Abductor pollicis brevis, des Flexor brevis und Opponens digiti minimi von den Bändern und Aponeuroſen der Handwurzel, des Glutaeus maximus von der Oberſchenkelbinde u. dgl. Außerdem aber haben manche Fascien, wie man ſich wenigſtens anatomiſch ausdrückt, ihre eigenen Spanner, d. h. eigenthümliche Muskeln, denen ſie als Angriffspunkte dienen. In dieſem Verhältniſſe erſcheint der Palmaris longus zu dem Ligamentum carpi volare proprium und der Aponeurosis palmaris, ſowie der Tensor fasciae latae zur Oberſchenkelbinde. Ebenſo geht auch ein Theil der Sehne des kurzen Kopfes des Biceps brachii in die allgemeine Binde des Vorderarmes über. Es leidet jedoch kaum einen Zweifel, daß die Hauptthätigkeit dieſer Muskeln nicht darin beſteht, die genannten ſchon ohnedies ſtraff angezogenen Fascien noch mehr zu ſpannen. Sie wirken nur auf dieſe unmittelbar. Mittelbar dagegen beziehen ſich ihre weſentlichſten Effecte auf die Glieder, welche durch die genannten Binden umſchnürt werden. Der Palmaris longus trägt daher zur Biegung der Hand, der Tensor fasciae latae zur Abduction und Einrollung des Oberſchenkels bei. Selbſt der Biceps brachii vermag vielleicht durch ſeinen Anſatz an die Binde des Vorderarmes auf dieſen im Ganzen nur deſto energiſcher zu wirken.

Größere und dünnere Häute, welche neben ihren Fadencylindern viel elaſtiſches Gewebe enthalten, liefern zwar ſichere, aber mobilere Angriffspunkte. Dieſes ſehen wir z. B. an der weißen Linie des Unterleibes, welche von den beiden Obliquis, dem Transversus und zum Theil dem Pyramidalis abdominis in Anſpruch genommen wird.

Muskelfaſern, die von den Sehnen anderer Muskeln entſpringen, wür- 726
den noch beweglichere Stützpunkte bedingen, wenn nicht jene tendinöſen Gebilde ſelbſt mehr oder minder befeſtigt wären. Denn gehen die Faſern von den ſehnigten Theilen eines benachbarten und meiſt gleichzeitig wirkenden Muskels ab, ſo wird dieſer durch ſeine Zuſammenziehung zu einem feſteren Hypomochlion. Findet aber ein Verhältniß der Art nicht Statt, ſo müſſen die Sehnen ſchon von vornherein, wenigſtens bis zu einem gewiſſen Grade fixirt ſein. Dieſen Fall ſehen wir z. B. an den Spuhlwurmmuskeln der Hand, welche von den Sehnen des Flexor communis digitorum profundus, und den Lumbricales des Fußes, die von denen des langen gemeinſamen Zehenmuskels kommen.

Kleinere und zum Theil mittlere Muskelmaſſen werden faſt nie mit 727
ihren beiden Enden an Knochen befeſtigt. Selbſt der Tensor tympani und des Stapedius bilden keine ganz vollſtändige Ausnahme hiervon. Dagegen gehorchen jene ebenfalls der allgemeinen Norm, daß ihre nächſten Hebel entweder Knochen oder Knorpel oder aus Fadencylindern zuſammengewebte Theile ſind. Auf dieſe Weiſe treten z. B. Faſern des Levator palpebrae superioris an den Faſerknorpel des obern Augenlides, ſolche des Levator labii superioris alaeque nasi, des Compressor nasi, des Depressor septi narium mobilis, des Orbicularis oris zu den verſchiedenartigen Naſenknorpeln, des Attollens, Attrahens und der Retrahentes auriculae, des M. major und minor helicis, des Tragicus, Antitragicus, Transversus auri-

culae und Dilatator conchae an die Ohrmuſchel, die innern Kehlkopfmuskeln zum Theil an die Kehlkopfknorpel u. dgl. Zu denjenigen Faſergebilden aber, welche kleinere und mittlere Muskelanſätze aufnehmen, gehören vorzüglich die Galea aponeurotica, die Commiſſuren und Bänder der Augenlider, die Sklerotica, die Gelenkkapſeln, die äußere Haut, die Scheidenhaut des Hodens und des Samenſtranges und einzelne Schleimhäute. An die Galea aponeurotica heften ſich z. B. der Frontalis, Occipitalis und der Attollens auriculae, an das Ligamentum palpebrale internum Faſern des Orbicularis palpebrarum, an die innere Augenlidcommiſſur ſolche des Tensor tarsi und an die Sclerotica die vier Recti und die zwei Obliqui des Auges. Die Haut hat in dieſer Beziehung ihre ausgedehnteſte Wirkſamkeit am Geſichte. Denn hier gewährt ſie den meiſten Muskeln des Antlitzes geeignete Angriffspunkte. So z. B. dem Corrugator supercilii, Levator labii superioris alaeque nasi, Compressor und Pyramidalis nasi, Depressor septi narium mobilis, Orbicularis oris, Levator labii superioris proprius, Zygomaticus major und minor, Levator und Depressor anguli oris, Risorius Santorini, Quadratus, Levator und Transversalis menti, den Incisivi Cowperi und dem Buccinator. An anderen Stellen des Körpers übernimmt ſie dieſe Rolle nur ausnahmsweiſe und für weniger zahlreiche Muskelfaſern. So z. B. für den Platysmameoides am Halſe, den Sphincter ani externus am Damme, den Palmaris brevis an der Hohlhand. Von Gelenkkapſeln empfängt die des Ellenbogens die Faſern des Subanconaeus und die des Kniegelenkes die Elemente des Subcruralis. Als Motoren der Schleimhaut der Zunge erſcheinen unmittelbar der Lingualis und mittelbar der Hyoglossus, Genioglossus und Styloglossus; als ſolche des weichen Gaumens der Levator und Circumflexus palati mollis, der Glosso- und Pterygopalatinus; als ſolche des Schlundes der Stylopharyngeus und zum Theil der Buccinator. Endlich empfängt die Scheidenhaut des Hodens und des Samenſtranges ihren Cremaster und die zellgewebige Umhüllung der Schilddrüſe ihren Thyreoideus.

728 Bei manchen paſſiven Bewegungsorganen, welche von quergeſtreiften Muskelfaſern beherrſcht werden, bildet nicht ſowohl die Hebelbewegung derſelben, als die Verengerung eines röhrigen Lumen den Endeffect. Der Bulbocavernosus z. B. drückt zwar die Zwiebel und den Zellkörper der Harnröhre zuſammen. Allein dieſes geſchieht zum Theil nur, damit der Canal der Urethra verkleinert und abgeſperrt werde. Auf ähnliche Zwecke reduciren ſich die Thätigkeiten des Ischiocavernosus, des Constrictor urethrae membranaceae, des Constrictor cunni u. dgl. Bei den Constrictores pharyngis und den quergeſtreiften Muskelfaſern der Speiſeröhre iſt die periſtaltiſche Verengerung des Lumens des Pharynx und Oeſophagus, wie ſchon früher (§. 688) erörtert worden, die Hauptfolge der Bewegung. Ebenſo bezieht ſich die vorzüglichſte Beſtimmung des Sphincter ani externus auf die Verengerung der Aftermündung. Zu ſecundärem Verſchluſſe von Oeffnungen dienen z. B. der Orbicularis oculi und oris.

729 Die einfachen Muskelfaſern ſetzen ſich nie, wenn man etwa den

Sphincter ani internus mancher Säugethiere, z. B. des Pferdes, ausnimmt, in größerer Menge an Knochen oder Knorpel der höhern Geſchöpfe an. Ihre nächſten Hebel ſind in der Regel Schleimhäute. Allein auch bei ihnen bildet nicht ſowohl die Bewegung von dieſen, als die Verengerung röhriger Lumina die Hauptthätigkeit. Dieſes ſehen wir z. B. an dem Nahrungscanale und der Harnblaſe. Eine Ausnahme hiervon bildet nur der Retractor penis des Pferdes. Ebenſo beſteht das Endziel der Zuſammenziehungen der muskulöſen Faſern der Drüſengänge, der Gefäße u. dgl. in Verkleinerung des Rauminhaltes entſprechender Röhren. Die Contractionen der Iris endlich bezwecken auch nur die Veränderungen der Oeffnungsgrößen der Pupille.

Unter den ſämmtlichen paſſiven Bewegungsorganen müſſen die Knochen und Knorpel vor Allem unſere Aufmerkſamkeit in Anſpruch nehmen. Denn an ſie heften ſich nicht bloß die kräftigſten Muskeln unmittelbar an, ſondern viele von dieſen, welche ſelbſt direct auf andere Gebilde wirken, beziehen ebenfalls noch ihre vermittelten Effecte auf Skeletttheile unſeres Körpers. 730

Das Knochenſyſtem übernimmt in unſerm Organismus eine zweifache Rolle. Indem es härtere Wandungen herſtellt, beſchützt es einerſeits zartere innere Theile. Dieſe Beſtimmung hat z. B. der Schädel für das Gehirn, die Wirbelſäule für das Rückenmark, der Bruſtkaſten für das Herz und die Lungen und das Becken für die innern Geſchlechtstheile und einzelne Parthien des Harn- und Verdauungsapparates. Anderſeits aber dient das Skelett zum Ausgangspunkte zahlreicher Muskeln, von denen dann wiederum viele die ihren entgegengeſetzten Enden entſprechenden Knochenſtücke als Hebel benutzen. Nur die wenigſten Muskeln entſpringen von abſolut fixen Theilen und haben daher eine bloß einſeitige Wirkung. Ein ſolches beſchränkteres Verhältniß finden wir z. B. an den geraden und ſchiefen Augenmuskeln. Indem der knöcherne Augenhöhlengrund unverändert bleibt, können jene ihre Thätigkeit unter allen Verhältniſſen nur auf den Augapfel beziehen. Aehnliche Momente zeigen viele Geſichtsmuskeln. An den meiſten übrigen Skeletttheilen dagegen herrſcht das Princip der Beweglichkeit, das der labilen ſtatt der ſtabilen Fixation in hohem Maaße vor. Die einzelnen Knochenſtücke müſſen zuvörderſt durch Muskelwirkungen mehr oder minder feſtgeſtellt ſein, bevor andere Muskeln hinreichend ſichere Ausgangspunkte an ihnen finden können. Eine ſcheinbar einfache Thätigkeit ſetzt daher häufig eine ganze Reihe von Nebenfunctionen, die als nothwendige Vorbedingungen wirken, voraus. Soll z. B. der Deltoideus mit ſeiner vollen Kraft den Oberarm nach außen heben, ſo muß vorher das Schulterblatt durch den Levator scapulae, den Rhomboideus, Trapezius und zum Theil durch Vermittlung der Scaleni fixirt ſein. Allein dieſe Muskeln können nur dann genügend wirken, wenn ſie an der Wirbelſäule ihre hinreichend ſtarren Ausgangspunkte finden. Es müſſen daher die Strecker der Wirbelſäule, wie der Splenius und Transversus colli, der Sacrolumbaris und Longissimus dorsi, der Spinalis und Semispinalis cervicis und dorsi, die Interspinales, der Multifidus spinae ihre Pflicht 731

in bedeutenderem oder ſchwächerem Grade erfüllen. Iſt die zu hebende Laſt von geringerer Größe, ſo braucht auch die Thätigkeit der Fixation keine ſo erhebliche Intenſität zu erreichen. Sind die Bewegungen minder ausgedehnt, ſo können ſie ohne Weiteres erfolgen. Es kehrt dann ein ähnliches Verhalten, wie bei den Augen- und den Geſichtsmuskeln wieder. So z. B. bedürfen viele Muskeln des Vorderarmes und des Unterſchenkels erſt keiner vorhergehenden Feſtſtellung ihrer ohnedies ſchon fixeren Ausgangspunkte, um auf die einzelnen Theile der Hand oder des Fußes einzuwirken.

732 Jede von Menſchenhand gearbeitete, nur etwas complicirte Maſchine würde, wenn man ihr das Princip einer labilen Feſtſtellung in irgend einer Ausdehnung zum Grunde legen wollte, in Verwirrung gerathen. Denn dieſe Variabilität der Stellungen der Hebel und der Wirkſamkeit der Kräfte ſetzt eine Berechnung voraus, deren unſer Geiſt kaum fähig iſt. Indem aber die Natur ein ſolches Problem in dem thieriſchen Körper löſt, gewinnt ſie dadurch den weſentlichen Vortheil, daß ſie mit verhältnißmäßig geringen Mitteln eine unendliche Mannigfaltigkeit von Bewegungen erzielt und zu gleicher Zeit dieſelben paſſiven Bewegungsorgane als die verſchiedenartigſten Hebel mit den mannigfachſten unterſtützenden und fordernden Kräften wirken können.

733 Da der Knorpel nur ein ſpecifiſches Gewicht von 1,0883 beſitzt, ſo konnte er in ſeinem Innern ſolid ſein, ohne bei einer beſtimmten Maſſe eine zu große abſolute Schwere zu erlangen. Bei den Knochen dagegen wäre etwas der Art nicht möglich geweſen. Ihre Eigenſchwere gleicht 1,8777. Beſtänden die Hebel aus dichter Knochenſubſtanz, ſo wären ſie leicht bei ihrer Größe ſo ſchwer geworden, daß der Druck der Atmoſphäre ihr Gewicht an vielen Stellen nicht aufhob und daß daher ein Theil deſſelben auf die Muskeln fiel und ein Quantum Contractilitätskraft derſelben nutzlos in Anſpruch nahm. Um dieſes zu verhüten, gebraucht die Natur mehrfache Correctionsmittel. Sie verſetzt die dichte Knochenſubſtanz nur an die Peripherie, damit hier ein hinreichender Grad von Feſtigkeit und Widerſtand erzeugt werde. Das Innere dagegen füllt ſie mit lockerem Mark, welches ſchon von vornherein für denſelben Raum weit weniger Knochenmaſſe führt und außerdem noch das ſpecifiſch leichte Fett in ſich enthält, aus. Hierdurch erlangt dann der Knochen im Ganzen mit ſeiner Beinhaut eine Eigenſchwere von 1,4554 bis 1,2157. Dazu kommt aber noch, daß alle größern Markräume mit Waſſerdunſt gefüllt ſind und daher das abſolute Gewicht der lebenden Knochen noch mehr erleichtert wird.

734 Ein ungefähres numeriſches Maaß für die Vertheilung der dichten und der ſchwammigten Maſſe der Knochen unſeres Skeletts geben die Aſchenprocente, welcher jeder von ihnen enthält. Abſtrahiren wir von den bald zu erwähnenden Schädelknochen, ſo zeigt ſich im Allgemeinen, daß ein Knochen an organiſchen Beſtandtheilen um ſo ärmer erſcheint, je weniger er unter den normalen Verhältniſſen bei ſeinen auszuhaltenden Druck- und Laſtwirkungen der Gefahr eines Bruches ausgeſetzt iſt. Auf dieſe Weiſe haben wir z. B. bei dem Erwachſenen in den Wirbeln 60,5 %,

der Knieſcheibe 63,7 %, dem Bruſtbeine 64,7 %, den Rippen 65,3 %, den Metatarſusknochen 65,9 %, dem Schienbeine 66,2 %, dem Wadenbeine 66,5 %, der Speiche 66,3 %, dem Oberarmbeine 68,3 % und dem ſo ſtark wirkenden Unterkiefer 68 % Aſche (Frerichs). Dieſe höchſten Werthe aber bilden keineswegs die überhaupt vorkommenden Maxima, weil die Schädelknochen noch größere Zahlen in dieſer Hinſicht darbieten. An dem Scheitelbeine z. B. zeigen ſich 68,5 % und an dem Felſenbeine, dem härteſten Knochen des Körpers, ſogar 70,2 % feuerfeſter Beſtandtheile.

Weshalb die Natur die unorganiſchen, nicht flüchtigen Verbindungen 735
in den verſchiedenen Knochen ungleich vertheilt hat, läßt ſich leicht einſehen. In jedem oſſificirten Stücke haben wir zwei verſchiedene Arten von Elementen. Der zum Grunde liegende Knochenknorpel beſitzt eine geringere abſolute Feſtigkeit, zeichnet ſich aber durch einen höhern Grad von Elaſticität aus. Vermöge des Zutrittes einer bedeutenderen Menge von Aſchenbeſtandtheilen nimmt die letztere ab, die erſtere dagegen zu. Indem daher die dichte Knochenſubſtanz für daſſelbe Volumen mehr feuerfeſte Verbindungen als die Markmaſſe führt, muß ſie abſolut feſter, hingegen weniger elaſtiſch ſein. Durch eine glückliche Combination dieſer beiden zum Theil entgegengeſetzten Bedingungen aber kann natürlicher Weiſe mit den mannigfachſten Metamorphoſen diejenige Reihe von Bedingungen erzielt werden, welche die einwirkenden Laſten, die Geſchwindigkeit der Bewegungen und die Rückkehr in den frühern Zuſtand bei jedem einzelnen Gliedſtücke erfordern. (Vgl. §. 28. 35. 46.) Dieſes Theorem erläutert nicht nur, weshalb ein Theil der Rippen knorpelig bleibt, aus welchem Grunde ſie ſowohl, als das Bruſtbein keine ſo hohen Werthe in der Skale der Aſchenbeſtandtheile erreichen, ſondern warum die ſtärkern Wirbelkörper und die Knieſcheibe die letztere beginnen. Wie wir ſpäter ſehen werden, haben die meiſten Wirbel unſeres Organismus vermöge ihrer knorpeligen und bandartigen Zwiſchenmaſſen elaſtiſche Unterlagen. Indem aber der ſchwammigte Wirbelkörper das mögliche Maximum von Knochenknorpel beibehält, repräſentirt er noch gleichſam jene Eigenthümlichkeit der Springkraft ſelbſt als oſſificirtes Stück, ſo weit es mit der nothwendigen Vermehrung ſeiner abſoluten Feſtigkeit verträglich iſt. Aehnliche Gründe gelten für die Knieſcheibe, welche den von dem Rectus femoris, den Vastis und dem Cruralis ausgeübten Zug auf das Ligamentum patellae fortpflanzen und ſich den Biegungen des Kniegelenkes anpaſſen muß.

Wie wir ſchon in der allgemeinen Phyſiologie (§. 46.) ſahen, macht eine zu große Menge von Aſchenbeſtandtheilen den Knochen zu ſpröde, ein zu bedeutender relativer Ueberſchuß des Knochenknorpels dagegen zu weich und nachgiebig. Alte Leute, bei welchen das erſtere Statt findet, erleiden daher ſehr leicht Knochenbrüche. Ihre Knochenſubſtanz iſt nicht mehr geeignet, Stöße, welche ſie treffen, ſo aufzunehmen und fortzupflanzen, daß keine Trennung der Continuität Statt findet. Der größten Gefahr bleibt der dünne Oberſchenkelhals ausgeſetzt. Bei Oſteomalacie dagegen verliert der Knochen zuletzt ſelbſt den Grad von Feſtigkeit, welchen der entgegenſtrebende Zug mehrerer Muskelgruppen vorausſetzt. Auf dieſe Weiſe bricht dann ſchon häufig ein Knochen bei dem bloßen Umwenden im Bette. Die Geſtalten der einzelnen Skelettheile werden dergeſtalt verbogen, daß ſich Oeffnungen verengern, ihre runden Umgrenzungen in längliche übergehen, ſonſt grade Knochen gekrümmt erſcheinen u. dgl. mehr. Aehnliche, jedoch in den

untergeordneten Verhältniſſen abweichende Veränderungen treten auch allmählig bei Rhachitis hervor.

736 Die äußern Formen der einzelnen Skeletttheile hängen auf das Genaueſte mit den verſchiedenartigen Hebelwirkungen derſelben zuſammen. Je ſpecieller wir die Mechanik eines Theiles unſeres Körpers durchſchauen, um ſo mehr überzeugen wir uns, daß die Geſtalt eines Knochens bis auf ſeine kleinſten Vorſprünge nicht anders, als wir ſie wahrhaft finden, ſein konnte. Ueberdies aber ſind auch noch außer dieſem Utilitätsprincipe die äſthetiſchen Forderungen möglichſt berückſichtigt worden, wie jeder, welcher die erſte Abneigung vor einem menſchlichen Skelette überwunden, leicht wahrnehmen wird.

737 Zuvörderſt bildet jede irgend ausgedehntere Oberfläche eines Knochens oder Knorpels keine gerade Ebene, ſondern eine kreisförmige oder eine ſonſtige krummlinigte Fläche. Hierdurch werden bei gehöriger Berechnung des Ganzen zwei Vortheile erreicht. Die Skeletttheile erhalten ſo einerſeits für dieſelbe Maſſe und Härte eine geringere Verletzbarkeit, als wenn ſie eben und geradwinkligt begränzt wären. Anderſeits wird aber auf dieſe Weiſe eine größere Menge von Anſatzpunkten für Muskel-, Sehnen- und Bandfaſern gewonnen. Betrachten wir die einzelnen Knochen, ſo finden wir zunächſt, daß diejenigen, welche für ſich keine bedeutenden Drehbewegungen um ihre Längen- oder Querachſe vorzunehmen haben, von Geſtalt platter ſind. Hierher gehören z. B. die Schädel- und Geſichtsknochen, das Schulterblatt, die Rippen, das Bruſtbein, die Beckenknochen. Durch ihre Abplattung können ſie dann entweder, wie die Schädelknochen, das Bruſtbein, ein größeres Raumſtück beſchützen, oder, wie das Schulterblatt und die Beckenknochen, einer bedeutenderen Menge von Muskelfaſern Anſatzpunkte gewähren. Die freie Oberfläche iſt unter dieſen Verhältniſſen auf Koſten des körperlichen Inhaltes begünſtigt. Sollen aber ſolche Knochen zu gleicher Zeit einen größern Widerſtand leiſten, ſo nehmen ſie an Dicke zu. Aus dieſem Grunde bleiben z. B. die Geſichtsknochen und zum Theil das Schulterblatt ſo dünn, während die Schädelknochen, der Unterkiefer, die Rippen, das Bruſtbein und die Beckenſtücke proportionell voluminöſer ausfallen. Es ergiebt ſich übrigens aus demjenigen, was ſchon früher über den Werth der Aſchenbeſtandtheile bemerkt worden, von ſelbſt, daß ein Theil des Volumens durch einen größeren Reichthum von feuerbeſtändigen Elementen überhaupt, oder durch ein Ueberwiegen der Rinden- über die Markſubſtanz erſetzt zu werden vermag. Dieſes ſehen wir z. B., wenn wir das dünnere, aber feſtere Scheitelbein mit dem nur wenig dickeren Bruſtbeine, oder dem noch ſtärkern Darmbeine vergleichen.

738 Die cylindriſche Form iſt natürlich für Knochen, die einerſeits bei ihrer Bewegung große Bogenſtücke beſchreiben und ſich anderſeits in manchen Fällen in bedeutenderem Maaße um ihre Querachſe drehen ſollten, die paſſendſte. Sie eignet ſich auch am beſten für ſolche Gebilde, welche als kurze Hebel mit bedeutender Kraft wirken müſſen. Das letztere Moment beſtimmt vorzüglich den rundlichen Querſchnitt des Schlüſſelbeines, während die erſteren Verhältniſſe bei den Knochen des Ober- und Vorder-

armes, des Ober- und Unterſchenkels vorzugsweiſe hervortreten. Verglei- chen wir aber dieſe letzteren unter einander, ſo ſehen wir, daß ſelbſt ihre Specialformen nach allgemeineren Geſetzen der Feſtigkeit genau berechnet ſind. Der Querſchnitt des als einfacher Knochen ſo ſehr belaſteten Ober- ſchenkels nähert ſich am meiſten der Kreisgeſtalt. Nächſt ihm kommt in dieſer Beziehung der Oberarm. In geringerem Grade iſt dieſes ſchon bei dem Radius, noch weniger bei der Ulna der Fall. Die Fibula dagegen bietet ſchon bedeutende Ecken dar, und die Tibia zeigt ſich vorn und außen faſt vollkommen geradkantig. Die letztere bricht auch daher in Verhält- niß zur Größe ihrer Maſſe ſehr leicht. Tritt hingegen die Drehung um die Querachſe zurück, während noch bedeutende Bewegungsexcurſionen in der Richtung der Längenachſe zu Stande kommen, ſo können die langen Knochen platter werden und dadurch den Vortheil darbieten, daß ſie noch andere zweckmäßige Nebenbedingungen erfüllen. Dieſes ſehen wir am deutlichſten an den Phalangen der Finger. Ihr Querſchnitt hat die Neigung, eine elliptiſche Geſtalt anzunehmen. Dieſes tritt an der Rückenſeite ziemlich rein hervor. An der Volarfläche dagegen wird die Begrenzungsebene con- cav, um auf dieſe Weiſe für die Sehnen der Fingerbeuger und die Theile, in welchen ſie ſpielen, ſichrere Leitungswege zu bereiten. An dem Mittel- handknochen, wo ein ſolcher Zweck wiederum hinwegfällt, werden auch die Querſchnitte rundlicher, an einzelnen Stellen kreisförmiger, an andern elliptiſcher. Daſſelbe findet bei den Metacarpusknochen Statt. Die Pha- langen der Zehen dagegen zeigen zwar ähnliche Verhältniſſe, wie die der Finger; ſie treten aber in geringerem Maaße hervor, weil hier das Spiel der Beugeſehnen auf weniger mannigfache Weiſe in Anſpruch genommen wird.

Knochen, die als einfaches Piedeſtal dienen ſollen, haben mehr 739
oder minder gleiche Querachſen, ſofern nicht andere Zwecke ihre Geſtalt modificiren. Dieſes ſehen wir z. B. am deutlichſten an den Wirbel- körpern. Wir finden nämlich in der Wirbelſäule bis zur Gegend des Promontorium eine Art von Stativ, welches ſich nach oben, ſowie die ſeitlich angeheftete Laſt abnimmt, verjüngt. Damit es jedoch nicht ſei- ner ganzen Länge nach ſteif bleibe oder höchſtens nur ſo viel, als ſeine Elaſticität zugeben könnte, gebogen werde, beſteht es aus einer Reihe ſuc- ceſſiver Wirbelſtücke, deren Körper für jene Unterſtützungsthätigkeit die vor- züglichſte Rolle übernehmen. Sie bilden daher gewiſſermaßen Klötze mit rund- lichen Querſchnitten nnd mäßig bedeutenden Höhen, welche über dem brei- teren und ſtarken Kreuzbeine aufgeſchichtet ſind. Am Fuße erſcheinen das Ferſenbein und das Sprungbein als ähnliche Klotzſtücke. Allein ihre De- tailsformen ändern ſich ſchon mehr nach ihren einzelnen Beſtimmungen. Der Aſtragalus hat in ſeinem Körper die Geſtalt eines rundlichen Pflockes, erhält aber nach vorn ſeinen Hals und Kopf, um ſich mit dem Os navi- culare zu verbinden und zur Erzeugung des Sinus tarsi beizutragen. Das Ferſenbein dagegen muß häufig, wie wir in der Folge ſehen werden, die Rolle eines zweiarmigen Hebels, welcher ſich um das Fußgelenk dreht, übernehmen. Aus dieſer Urſache vergrößert ſich ſeine Längenachſe auf Ko-

ſten ſeiner queren Durchmeſſer in bedeutendem Maaße. Deshalb geht ſein Tuber calcanei ſo weit nach hinten hinaus, während ſich ſein vorderer Fortſatz zu dem Os cuboideum hinzieht, um ſich mit dieſem einzulenken.

740 Die übrigen Knochen der Fußwurzel, ſowie die des Carpus, dienen zwar in der Regel zu keinen Piedeſtalen von Theilen, die unmittelbar auf ihnen ruhen. Allein ihre anderweitige Beſtimmung bedingt es, daß ſie ebenfalls mehr oder minder maſſige Stücke von gleichförmigern Dimenſionen bilden. Wenn ſie auch ſowohl an der Hand, als an dem Fuße gegenſeitig, und mit andern benachbarten Knochen eingelenkt ſind, ſo hat dieſe Verbindung doch nicht den Zweck, eine freiere Beweglichkeit zwiſchen ihnen ſelbſt einzuleiten. Jene Knochen ſollen vielmehr in ihrer Totalität ein fixeres Zwiſchenſtück bilden, welches nicht ſteif und aus einem Guſſe gearbeitet iſt, ſondern denjenigen Grad von gegenſeitiger Verſchiebung, den die Bewegungen der Hand und des Fußes vorausſetzen, geſtatten. Die Carpus- und Fußknochen bilden daher wechſelſeitig verbundene Keilſtücke, welche unter einander feſter, als die meiſten anderen Knochen vereinigt ſind. Auch darin ſtimmen beide überein, daß ihre Dorſalflächen ebener, als ihre Volar- und Palmarflächen ſind, weil längs dieſer letztern Sehnen und zum Theil Muskeln, die complicirterer Leitungsapparate bedürfen, dahingehen. Da aber die Bewegungen des Fußes beſchränkter als die der Hand ſind, ſo erſcheinen auch die Tarſusknochen im Ganzen einfacher und bieten weniger gegenſeitige Gelenke als die Carpusknochen dar. Dafür ſind ſie als Theile, welche größere Laſten bewegen müſſen, ſtärker und feſter eingekeilt und haben, indem ſie eine Art von Kuppelgewölbe bilden, oben größere Querdurchmeſſer als unten.

741 Die langen Röhrenknochen unſerer Extremitäten verdicken ſich nach ihren beiderſeitigen Gelenkenden hin. Die letzteren bleiben hierbei entweder kugelig, wie z. B. an dem Kopfe des Oberſchenkels und zum Theil des Oberarmbeines, oder erſcheinen wie aufgeſetzte flache Kreisſtücke, wie an dem obern Ende des Radius, dem untern der Ulna und zum Theil dem Köpfchen der Fibula, oder ſie haben eine mehr dreikantige Form, wie an dem obern Theile der Ulna, dem untern des Radius, der Tibia und zum Theil der Fibula, oder endlich ſie erſcheinen von vorn nach hinten zuſammengedrückt, wie an dem untern Gelenkſtücke des Oberſchenkels und dem obern des Schienbeines. Dieſe Eigenthümlichkeit kehrt auch an vielen anderen Knochen wieder. So z. B. am Schlüſſelbein, dem Schulterblatt, den Rippen u. dgl. Selbſt die concave Aushöhlung der Wirbelkörper gehört zum Theil hierher. Eine ſolche Einrichtung aber gewährt mehrfache Vortheile.

1) Werden dadurch ausgedehntere Verbindungs- oder Gelenkflächen gewonnen. Dieſer Zweck tritt, wie es ſcheint, bei den Wirbeln vorzugsweiſe in den Vordergrund. Indem jedoch die Mittelſtücke des Körpers derſelben geringere Querſchnitte darbieten, wird zugleich ohne ſonſtigen Schaden der Sicherheit des Piedeſtals an Knochenmaſſe geſpart, und daher die Wirbelſäule leichter gemacht. An dem Ellenbogengelenke kann ſich der Humerus vermöge dieſer Anordnung mit Radius und Ulna zugleich beweglich verbinden. Ueberall ruhen dann die mobiler mit einander vereinigten

Knochen feſter auf einander, ſobald ihre Unterſtützungsflächen eine größere Ausdehnung erhalten.

2) In beweglicheren Gelenken wird dadurch die Möglichkeit der Größe der Excurſion der Bewegung erhöht. Denn in einem verdicktern Gelenkkopfe findet ſich eine größere Reihe von Punkten, welche mit einer Stelle der andern Gelenkfläche in momentane (mittelbare) Berührung zu treten vermag.

3) Endlich erhalten hierdurch die Muskeln und Sehnen einen weſentlichen Vortheil. Wie wir bei dieſen ſehen werden, können ſie mit einem um ſo geringeren Verluſte von Kraft wirken, je mehr ſich ihr Anſatzwinkel einem rechten nähert, je weniger ſpitz derſelbe mithin ausfällt. Geſetzt nun, a (Fig. 30) ſei das angeſchwollene Gelenkende eines Knochens, z. B. des Oberarmes, ſo muß eine Mukel- oder Sehnenfaſer d b des Deltoideus um daſſelbe herumgehen, um ſich an b anzuheften. Fehlte die Endverdickung und ginge die Seitenbegrenzung in der Linie c b fort, ſo könnte die Faſer entweder dicht an c b ſelbſt oder höchſtens in der Richtung d b verlaufen. Immerhin aber wäre, wenn f den Drehpunkt bildet, der Winkel f b c kleiner als f b d

Fig. 30.

Ginge der Vortheil eines minder ſchiefen Anſatzes von Muskel-, Seh- 742
nen- oder Bandfaſern vermöge der Abplattung von Knochenenden verloren, ſo benutzt die Natur Zwiſchenſtücke oder Fortſätze, um dieſen Uebelſtand auszugleichen. Dieſes ſehen wir z. B. an dem Kniegelenke. Die Condyli des Oberſchenkels und die Gelenkanſchwellungen der Tibia und Fibula bieten zwar hinreichende Krümmungsflächen für die über ſie hinweggehenden ſeitlichen Bewegungsorgane dar. Sie gewähren jedoch den an der Vorderfläche liegenden Streckern des Unterſchenkels keinen Nutzen der Art. Gerade dieſe Muskeln aber haben zur Aufgabe, bei dem Stehen, Gehen u. dgl. größeren Laſten das Gleichgewicht zu halten, oder dieſelben ſogar mittelbar fortzuſchaffen. Es wird daher als Compenſation die Knieſcheibe eingeſchaltet. Die ſehnigten Ausläufer der Extenſoren des Unterſchenkels, des Rectus femoris, der beiden Vaſti und des Cruralis heften ſich an ihre obere Fläche, während von ihrer unteren Spitze das Ligamentum patellae abgeht, um ſich an die Tuberositas tibiae anzufügen. Denken wir uns z. B., daß a b die Begrenzungslinie des untern Endes des Oberſchenkels, c d die des Schienbeines ſei, ſo könnten die Faſern der Oberſchenkelſtrecker nur in der Richtung e f hinabgehen und mit ihrem ſehnigten Anſatze den Winkel e f c bilden. Dadurch aber, daß die Knieſcheibe h eingeſchaltet worden und daß ſich die Sehne der Extenſoren g an ſie anſetzt, vermag das Knieſcheibenband i f, welches ihre Wirkungen wiedergiebt, unter dem größern Winkel i f c die Tibia anzugreifen. Es geht hier-

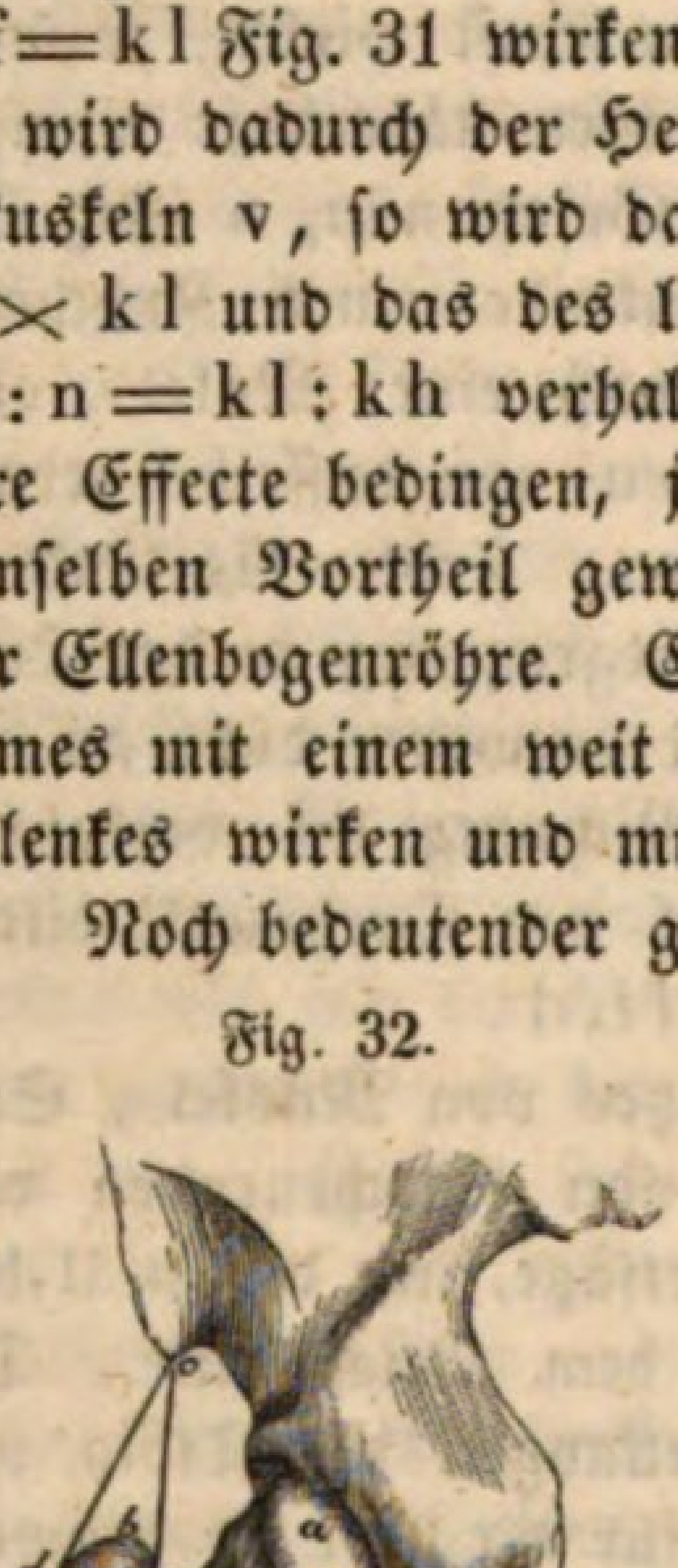
Fig. 31.

nach viel weniger Kraft der Strecker unnütz verloren, als wenn die Knieſcheibe mangelte. Einen ähnlichen Nutzen haben die Seſambeinchen der Hand für die Bewegungen des Daumens und manche Knochenfortſätze, die gleichſam als angewachſene Einſchaltungsſtücke zu betrachten ſind.

743 Die Natur erzielt aber durch die Anweſenheit der Knieſcheibe noch eine andere Erleichterung der mechaniſchen Verhältniſſe. Denken wir uns z. B., daß ſich das Kniegelenk bei ſeinen Beugungen und Streckungen um den Punkt k dreht, ſo würden die Strecker des Unterſchenkels bei ihrer Thätigkeit, wenn keine Knieſcheibe exiſtirte, z. B. auf den Hebelarm $kf = kl$ Fig. 31 wirken. Inſeriren ſie ſich dagegen an die Knieſcheibe bei e, ſo wird dadurch der Hebel zu $kh > kl$. Nennen wir die Kraftgröße der Muskeln v, ſo wird das mechaniſche Moment des erſtern Falles $= m = v \times kl$ und das des letztern $= n = v \times kh$ ſein. Es wird ſich daher $m : n = kl : kh$ verhalten, d. h. dieſelbe Kraftgröße wird um ſo ſtärkere Effecte bedingen, je mehr ſich der Hebelarm verlängert hat. Ganz denſelben Vortheil gewährt z. B. das Olecranon mit dem obern Theile der Ellenbogenröhre. Exiſtirte es nicht, ſo würde der Strecker des Vorderarmes mit einem weit kürzern Hebel auf den Drehpunkt des Ellenbogengelenkes wirken und mit derſelben Kraft geringere Effecte hervorbringen.

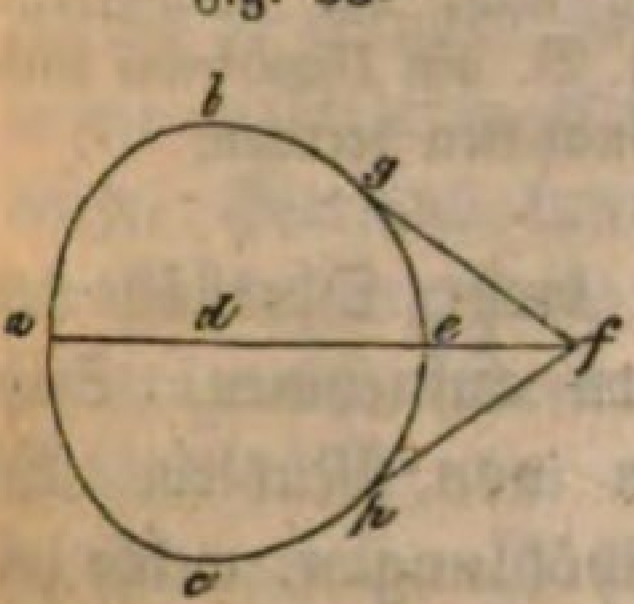
Noch bedeutender greift das Verhältniß bei dem größern Rollhügel des Oberſchenkels ein. Geſetzt, a ſei der Kopf des Femur, b der Trochanter major, cd eine Faſer des Glutaeus medius, welche ſich an ihn anſetzt, und dem Punkte e entſpreche im Innern der Drehpunkt des Hüftgelenkes, ſo wird derſelbe von der Faſer cd mit dem Hebel de angegriffen. Fehlte dagegen der große Rollhügel, ſo würde ſich der Hebel de bis fe verkürzen, ohne daß nothwendig die bedeutendere Annährung des Winkels cfe zu einem Rechten eine genügende Compenſation liefern brauchte. Denken wir uns nun die Laſt in e concentrirt, ſo wird dieſelbe Kraft bei f kleinere Wirkungen, als bei d ausüben. Man ſieht aber leicht, daß ſich ähnliche Deductionen in Betreff vieler anderen Vorſprünge, Erhabenheiten u. dgl. des Skelettes machen ließen. Die Bildung der als Handhaben wirkenden Processus spinosi und transversi der Wirbel z. B., das Hervorteten des Körpers des Ferſenbeines nach hinten u. dgl. bezwecken ebenfalls, daß der Angriffspunkt des Hebelarmes entfernter von dem Drehpunkte des Gelenkes gelegt werde.

Fig. 32.



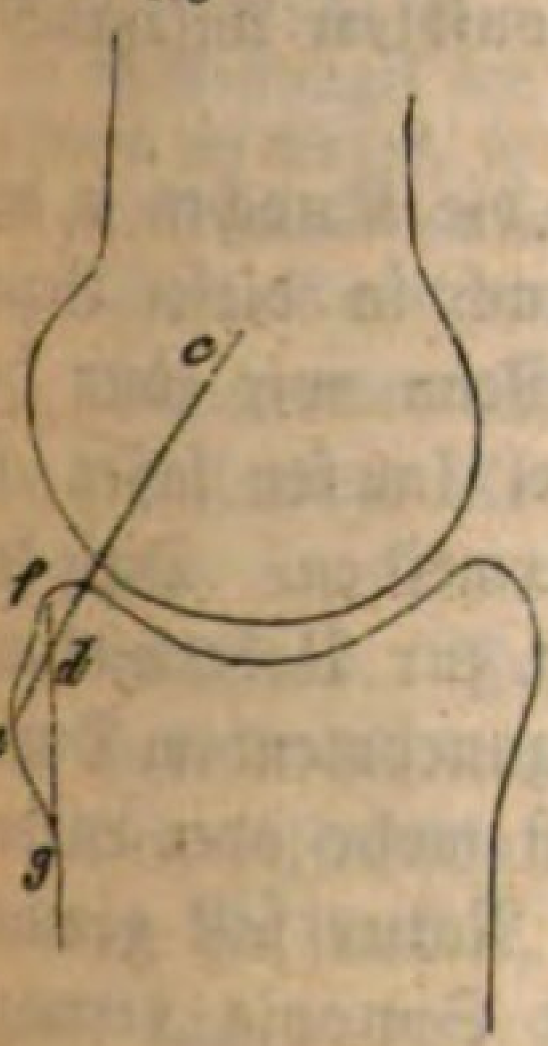
744 Auf daſſelbe Princip laſſen ſich die meiſten Hervorragungen und ſcharfen Kanten, an welche ſich rotirende Muskeln anheften, zurückführen. Nehmen wir an, abec (Fig. 33) ſei die kreisförmige Peripherie eines Knochens, der ſich um ſeine mittlere Längenachſe in d drehen ſoll, ſo wird, wenn die Kraft bei e angebracht iſt, de den wirkenden Hebelarm darſtellen. Beſitzt aber der Knochen an dieſer Stelle einen Auswuchs gfh,

Fig. 33.



ſo daß der Angriffspunkt in f fällt, ſo verwandelt ſich der Hebelarm in df, und es wird zur Erzielung deſſelben Effectes um ſo weniger Kraft erfordert, je mehr df die frühere Linie de an Größe übertrifft. Die Verhältniſſe des obern Theiles des Humerus z. B. erläutern ſich hiernach auf einfache Weiſe. Wir habenhier zunächſt ein Tuberculum majus und ein Tuberculum minus. An das erſtere heften ſich der Supraspinatus, Infraspinatus und Teres minor; an das letztere der Subscapularis. Alle dieſe Muskeln erzeugen Rollbewegungen des Armes und erleichtern ſich ihre Arbeit je nach der Größe ihrer Höcker, an welche ſie ſich anfügen. An die Spina tuberculi minoris treten die Enden zum Theil des Subscapularis, Coracobrachialis, Teres major und Latissimus dorsi, deren Thätigkeit ebenfalls mit größern oder geringern Rotationsbewegungen verbunden iſt, bei denen dieſe aber mit Ausnahme des Subscapularis und des Teres major nicht als vorherrſchende Functionen erſcheinen. Der Pectoralis major, welcher in die letztere Kategorie gehört, ſucht die Spina tuberculi minoris. Natürlicher Weiſe liefern auch ſolche Höcker mehr Anſatzpunkte, als die Ebene, welche durch ſie hindurchgeht.

Fig. 34.



Auch für Drehungen um die Längenachſe bleibt 745
dieſes Grundverhältniß anwendbar. Geſetzt, c (Fig. 34) ſei der Punkt, um welchen ſich ein Gelenk bei ſeiner Flexion oder Extenſion dreht, ſo würde ein Muskel, der ſich bei d anſetzt, nur mit dem Hebel cd wirken. Wenn dagegen an der Stelle des Angriffspunktes ein Höcker feg vorhanden iſt, ſo verlängert ſich dadurch der angreifende Hebel zu ce. Ein anſchauliches Beiſpiel hierfür giebt uns z. B. die Anheftung des Ligamentum patellae an die Tuberositas tibiae. Verbindet ſich mit der einfachen Beugung oder Streckung ein bedeutender Grad von Rotation, ſo wird der Vorſprung nicht ſelten verhältnißmäßig größer. Einen Beleg hierfür liefert uns z. B. die Tuberositas radii mit ihrem Anſatze des Biceps brachii. Da übrigens die meiſten freiere Bewegungen bedingenden Muskeln mehr oder minder in eine der genannten Kategorien gehören, ſo erklärt ſich hieraus, weshalb die Knochen ſo häufig an den Anfügungen derſelben Kanten, Höcker und ähnliche Bildungen darbieten.

Eine Anſicht, die vorzüglich in früherer Zeit ſehr verbreitet war und noch gegenwärtig bisweilen wiederhallt, beſteht darin, daß man annimmt, die Wirkung der Muskeln ſelbſt ziehe an ihren Angriffspunkten die dort befindlichen Unebenheiten hervor. Es bedarf kaum der Bemerkung, daß eine ſolche Vorſtellung, ſobald ſie rein mechaniſch genommen wird, unſtatthaft iſt. Der Knochen bildet keinen halbweichen Körper, bei welchem die Folgen des Zuges Fortſätze hervorlockte, die etwa ſpäter erſtarren. Es kann daher hierbei höchſtens an Ernährungsmetamorphoſen gedacht werden, indem man ſich vorſtellt, daß ſich an dem Anſatze oſſificirender Knorpel erzeugt, oder daß die weichen Anheftungs-

theile ſelbſt auf irgend eine Art verknöchern. Allein auch dieſe modificirte Vorſtellungsweiſe entſpricht nicht den allgemeineren Verhältniſſen. Denn nicht alle Angriffspunkte der Muskeln und Sehnen bilden Erhöhungen. Wir haben z. B. am Digastricus maxillae inferioris, Pterygoideus internus, Masseter einzelne Ausnahmen hiervon.

746 Knochenvertiefungen können natürlicher Weiſe mehr Oberfläche darbieten und eine größere Anzahl von Muskelfaſern aufnehmen. Solche Stellen eignen ſich daher gut zu Ausgangspunkten von Muskeln. Wir ſehen deshalb auch, daß die Natur Rinnen und Aushöhlungen, welche zwiſchen andern Höckern übrig bleiben, Concavitäten, welche in Folge der Conformation der Knochen gebildet ſind, zu dieſen Zwecken benutzt, oder einzelne Theile mit größerer Sicherheit durch ſie hindurchgehen läßt. So z. B. entſpringt der Digastricus mit ſeinem hintern Bauche aus der Incisura mastoidea, der Iliacus internus von der innern Fläche des Hüftbeines, während der lange Kopf des Biceps brachii mit ſeiner Sehne an dem Sulcus intertubercularis des Oberarmes eine geſichertere Lage erhält. Bei Muskeln, die verhältnißmäßig ſehr großer Kraftanſtrengungen fähig ſein ſollen, wo alſo eine möglichſte Vermehrung der Zahl der Muskelfaſern von Wichtigkeit iſt, graben ſich ſogar Vertiefungen ein. Auf dieſe Weiſe entſteht dann bei dem Menſchen und noch deutlicher bei den ſtark beißenden Säugethieren die Fossa temporalis. Bei dem Pferde exiſtirt für den äußern Kopf des Gastrocnemius eine ſehr ſtarke längliche Grube, welche faſt einen Halbkreis bildet und auf dieſe Weiſe die Querlinie der disponiblen Anſatzpunkte der Muskelfaſern ungefähr um die Hälfte vergrößert.

747 Betrachten wir nun die Art und Weiſe, wie ſich die Knochen in den **Gelenken** mit einander vereinigen, ſo finden wir auch in dieſer Beziehung das größte Ideal mechaniſcher Einrichtungen. Wenn wir einen Hebel um ſeinen Drehpunkt oder um einen andern Hebel laufen laſſen, ſo können wir eine größere oder geringere Reibung nie vermeiden. Dieſe hat aber nicht nur den Nachtheil, daß ein Quantum Kraft zur Ueberwindung der Friction aufgezehrt wird, und die letztere ſich mit zunehmendem Drucke vergrößert, ſondern daß überhaupt die Bewegung ſelbſt mehr oder minder ungleichförmig ausfällt. Alle dieſe Uebelſtände hat die Natur faſt gänzlich eliminirt. Wir ſahen ſchon früher (§. 48), daß die Synovia vermöge ihrer chemiſchen Zuſammenſetzung und ihrer Schlüpfrigkeit ein ſehr geeignetes Mittel bildet, um ein leichtes Dahingleiten zu erzeugen, und die Knochen in den Gelenken, welche innerhalb ihrer luftdicht geſchloſſenen Wandungen außer der Synovia und den etwa vorhandenen feſten oder halbfeſten Gebilden nichts enthalten, ſchon durch den Druck der Atmoſphäre zuſammengehalten werden (§. 64). Verfolgen wir nun dieſe Verhältniſſe weiter, ſo finden wir, daß jedes Gelenk durch ſeine Bänder genau eingeſtellt iſt, daß aber immer im geſunden Zuſtande Synovia genug exiſtirt, um nicht nur alle Zwiſchenräume auszufüllen, ſondern auch die einzelnen Knorpelüberzüge der Knochen von einander in geringem Grade zu entfernen. Streng genommen reiben ſich die letzteren bei allen Bewegungen nicht unmittelbar an einander, ſondern gegen eine Zwiſchenſchicht von Gelenkſchmiere, welche ſich ſogleich allen neu entſtehenden Lücken und Aus-

buchtungen anpaßt. Das Minimum von Friction, welches bei dieſer Einrichtung zu Stande kommen kann, iſt dasjenige, welches etwa zwiſchen den ſo ſehr geglätteten Knorpelflächen und der ſo äußerſt ſchlüpfrigen Synovia beſteht. Hiernach kann es uns nicht wundern, daß z. B. die Reibung in dem Ellenbogengelenke des Erwachſenen bei der Streckung des Vorderarmes noch lange kein Gramm beträgt, während ein Hebel, der um eine polirte Stahlaxe läuft, bei einer Belaſtung von 20 — 30 Grm. ſchon leicht eine Friction von 2 — 3 Grm. ergiebt. Dieſe Größe der Reibung aber würde in den Gelenken weſentliche Hinderniſſe erzeugen. Wie leicht hierdurch alle Bewegungen überhaupt unmöglich werden, ſehen wir z. B. bei den Gichtablagerungen, bei Eiter und Jauchedepoſitis, welche krankhafter Weiſe in ihnen vorkommen.

In dem normalen Körper iſt überall, wo ſich zwei Knochen gegen einander bewegen, ein Gelenk mit den eben erwähnten allgemeinen Vorrichtungen angebracht. Wenn ſich aber krankhafter Weiſe zwei Knochenſtücke gegen einander reiben, ſo ſchleifen ſie ſich entweder gegenſeitig ab, oder es erzeugt ſich ſogar ein vollſtändiges abnormes Gelenk. Wird z. B. bei einem Menſchen in Folge von freiwilligem Hinken der ausgerenkte Oberſchenkelkopf auf die äußere Fläche des Hüftbeines getrieben, ſo bildet ſich hier nach und nach eine glatte, oft mit einem Knochenwall umgebene Vertieſung, während der reibende Theil des Oberſchenkelkopfes platt wird und ſich gleichſam abnutzt. Die alte nicht mehr gebrauchte Pfanne dagegen verkleinert ſich nicht nur, ſondern wird höckerig und uneben. Der Trochanter minor vergrößert ſich bisweilen wegen der mehr in Thätigkeit geſetzten Glutaei medius und minimus auf eine auffallende Weiſe. Der Schenkelhals dagegen nimmt an Länge ab. Umgekehrt ſehen wir bei Anchyloſe des Hüftgelenkes, daß dann eher die Rollhügel den Umfang verlieren. Exiſtirt z. B. eine angeborene Spaltung des Körpers des Atlas, ſo bildet ſich auch hier ein vollſtändiges Gelenk, ſobald ſich die Spaltungsſtücke wider einander reiben. Bei Spina bifida dagegen, wo ſie entfernter von einander ſtehen, findet etwas der Art nicht Statt.

Die in den Gelenken vorhandene Synovia dient aber nicht bloß, um 748
die gegenſeitige Reibung zwiſchen den Knorpelüberzügen der Knochen, ſondern auch um die anderer weicherer Theile gegen dieſelben auf ihr Minimum zurückzuführen. Faſerknorpelſcheiben, Bandgebilde, Sehnen, welche durch ein Gelenk hindurchgehen, werden von Fortſetzungen der Synovialhaut bekleidet. Zwiſchen ihnen und dem entſprechenden Knorpelüberzuge, in welchem ſie laufen, befinden ſich nach Verſchiedenheit der Verhältniſſe variable Lagen von Synovia, um die Friction faſt auf Null zu reduciren und zu gleicher Zeit die Abnutzung der Weichgebilde bei öfterem Gebrauche unmöglich zu machen. Dieſe Verhältniſſe dehnen ſich bisweilen ſogar nicht bloß auf Gebilde, welche durch das Gelenk gehen, ſondern auch auf ſolche, die nur in der Nähe deſſelben hin- und herlaufen, aus. Durchbohrt man z. B. das Kniegelenk und füllt die Synovialhaut deſſelben vermittelſt der ſo gemachten Oeffnung mit einer erſtarrenden Maſſe aus, ſo ſieht man, daß beutelförmige blindſackartige Verlängerungen derſelben zwiſchen den bedeutenderen Sehnen und Bändern, welche ſich in der Nähe vorfinden, hinziehen. Ein ſolcher Sack a, Fig. 35, geht weit an dem Oberſchenkel hinauf, um die Reibung der Sehne b, der Strecker des Kniegelenkes (Rectus femoris, Vastus externus, Vastus

Fig. 35.

internis und cruralis) gegen den Knochen zu verhüten. Zu gleichem Zwecke exiſtirt ein zweiter Fortſatz c zwiſchen der Sehne des Popliteus und der anliegenden Cartilago semilunaris externa und ein dritter d zwiſchen jener erſteren und dem Ligamentum laterale externum (W. u. Ed. Weber)[1]).

749 An der Synovialhaut unterſcheiden wir den anatomiſchen Verhältniſſen nach zwei Theile. Der eine erſtreckt ſich längs der Knorpelüberzüge der Knochen und der Faſerſcheiben oder ähnlicher Gebilde, welche etwa noch in dem Gelenke vorhanden ſind. Der andere bekleidet die übrigen Wände des letzteren und bildet die eben erwähnten Nebenſäcke. Dieſe zweite Parthie ſtößt an weichere und blutgefäßreichere Organe, empfängt daher auch mehr Blut und erhält dadurch, daß ſie Nebenbeutel oder, wie dieſes bisweilen vorkommt, kleine Ausſackungen (Fig. 35 e) oder Falten bildet, eine größere Abſonderungsfläche. Sie eignet ſich daher vorzugsweiſe zur Bereitung der Synovia. Die Abtheilung dagegen, welche die Knorpelüberzüge deckt, iſt faſt eben ſo arm an Gefäßen, als die Theile, welche ſie überzieht.

750 Auf den erſten Blick hat es den Anſchein, als würden die Knochen in den Gelenken vermittelſt der Synovialhäute, der Kapſelmembranen und vorzüglich der Bänder aufgehängt. Wir haben aber ſchon früher (§. 48) angeführt, daß dieſes nicht der Fall iſt. Alle Gelenkhäute ſchließen die Höhlung des Gelenkes hermetiſch ab. Hiernach muß die Atmoſphäre, indem ſie auf die Knochen oder vielmehr auf die ſie umhüllenden Weichgebilde drückt, die Gelenktheile gegen einander zu bringen ſuchen. Nennen wir die Oberfläche des Gelenkes a und den Barometerſtand b, beide in Centimetern ausgedrückt, ſo beträgt das Gewicht, mit welchem die Knochen in dem Gelenke an einander geführt werden, 13,598 ab Grm.[2]) Wir haben aber ſchon früher bei Gelegenheit der atmophäriſchen Verhältniſſe kennen gelernt, daß hierbei z. B. in Betreff des Hüftgelenkes des Erwachſenen ungefähr ein eben ſo ſtarkes Gewicht herauskommt, als die Laſt der unteren Extremität beträgt. Für den Oberarm, deſſen Gelenkkopf etwas kleiner iſt, als der des Oberſchenkels, gilt das Gleiche, weil das Gewicht der oberen Extremität geringer als das der unteren ausfällt. Wahrſcheinlich findet aber ſogar dieſer Satz nicht nur auf alle Knochen von beiderlei Extremitäten, ſondern auch auf die Rippen und andere Theile ſeine Anwendung. Der Wechſel des Barometerſtandes erzeugt hier nur untergeordnete Unterſchiede, da er bloß in einfachem, der Durchmeſſer der Gelenke dagegen in quadratiſchem Verhältniſſe einwirkt.

Eine ſolche Einrichtung gewährt aber einen doppelten Vortheil. Einerſeits nämlich regulirt ſie die ſchon erwähnte Vertheilung der Synovia und bewirkt, daß dieſe jeden Raum, welcher bei der Bewegung eines Gelenkes

---

[1]) Siehe das ausgezeichnete Werk: Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Eine anatomisch-physiologische Untersuchung. Göttingen. 1836. 8. S. 196. Taf. VII. Fig. 3.

[2]) Dieſe Rechnung beruht auf der ſchon früher erwähnten Eigenthümlichkeit, daß 1 Cubikcentimeter Waſſer 1 Grm. wiegt. Das ſpec. Gewicht des Queckſilbers iſt dabei zu 13,598 angenommen, während man die Temperaturcorrection außer Acht läßt.

disponibel wird, ſogleich ausfüllt, ganz wie dieſes in Betreff der Flüſſigkeiten der ſeröſen Häute der Fall iſt (§. 63). Anderſeits werden durch dieſe Verhältniſſe die Knochen, was ihre Aufhängung, nicht aber ihre Bewegung betrifft, zu mathematiſchen Hebeln, d. h. zu ſolchen, welche nicht durch ihre Schwere einen beſonderen Theil von Kraftwirkung in Anſpruch nehmen.

Um die eben erwähnte Einwirkung des atmoſphäriſchen Druckes auf die Gelenke darzuthun, haben W. und Ed. Weber [1]) eine Reihe von Verſuchen angegeben, von deren Richtigkeit man ſich bei Wiederholung derſelben leicht überzeugen kann. Schneidet man bei einer Leiche alle Weichgebilde, die das Hüftgelenk bedecken, ohne daß die Synovialhaut der letzteren verletzt wird, durch, ſo bleibt das Bein am Becken ungeſtört hängen und ſinkt nicht herab, ſondern behält noch dieſelbe Länge, wie die andere Extremität, an welcher gar nichts vorgenommen worden, bei. Der Grund hiervon liegt darin, daß die Atmoſphäre den Schenkelkopf bei Integrität des Gelenkes ungeſtört gegen die Pfanne andrückt. Bohrt man aber die letztere von dem Becken aus an, ſo daß Luft mit deutlich hörbarem Ziſchen in das Gelenk eindringt, ſo verlängert ſich die Extremität, indem der Schenkelkopf aus der Pfanne herausſinkt. Bringt man ihn wieder in dieſe zurück, während ein Gehilfe gleichzeitig nur die Luft austreten läßt und dann das verfertigte Loch mit dem Finger feſt zuhält, ſo kehrt die alte dichte Anheftung wieder. Hat man den Oberſchenkel unmittelbar unter den Rollhügeln abgeſchnitten und bringt das Ganze unter den Recipienten der Luftpumpe, ſo hebt ſich der Schenkelkopf, ſowie die Atmoſphäre verdünnt wird, und fällt im umgekehrten Falle wieder heraus. Hierbei können alle Theile, welche nur nicht zu dem luftdichten Verſchluſſe unerläßlich ſind, entfernt oder durchſchnitten ſein, ohne daß ſich das Reſultat ändert. An dem Schultergelenke gelingen dieſelben Verſuche, ſobald man nur die durchgehende Sehne des langen Kopfes des Biceps berückſichtigt. Ueberhaupt hört man das ziſchende Einſchießen der Atmoſphäre an jedem irgend größeren Gelenke unſeres Körpers bei Verletzung der Kapſel und der Synovialhaut ſehr deutlich.

Um den Druck zu mäßigen, bedient ſich die Natur in den Gelenken 751
zweierlei Mittel, von denen das eine, nämlich das Fett, auf bloße Elaſticität, das andere, Faſerknorpelſcheiben, auf dieſe und Feſtigkeit berechnet iſt. Beide können, wie z. B. das Kniegelenk am deutlichſten zeigt, unmittelbar neben einander vorkommen. In den Falten der Synovialhäute oder hinter denſelben finden ſich häufig Fettanhäufungen, die man mit dem unpaſſenden Namen der Havers'ſchen Drüſen in der Anatomie zu bezeichnen pflegt. Sie wirken in der Form eines elaſtiſchen Polſters, welches durch ſeine Weichheit und Nachgiebigkeit den Druck mildert, oder durch ſeine Verſchiebbarkeit das Dahingleiten erleichtert. Vielſeitiger dagegen erſcheinen die Effecte der Faſerknorpelſcheiben im Innern der Gelenke. Sie bilden Einſchaltungsſtücke, die zwar vermöge ihrer Elaſticität dem Drucke weniger als das weichere Fett nachgeben, ihn aber dafür auf größere Oberflächen des Gelenkes vertheilen. Auf dieſe Weiſe verhüten ſie, daß er nur einzelne, ohne ſie vorzugsweiſe bedrohte Punkte ausſchließlich trifft. Zu gleicher Zeit dämpfen ſie gleich dem Fette Erſchütterungen, welche ſich ſonſt mit Heftigkeit von einem Knochen durch das Gelenk hindurch auf einen anderen fortpflanzen würden, und können ſelbſt in Einzelfällen zur Beſchränkung und berechneten Verminderung der Bewegungen der Knorpel-

[1]) a. a. O. S. 147.

überzüge beitragen. Aus dieſen Urſachen finden wir daher ſolche Gebilde in denjenigen Gelenken, welche vorzugsweiſe nach Einer Richtung bewegt werden und große Kraftanſtrengungen auszuhalten haben, wie z. B. in dem Unterkiefer-, dem Bruſt-, Schlüſſelbein-, Kniegelenke u. dgl.

752 Jede einzelne Artikulation iſt ſo eingerichtet, daß ihr ein beſtimmter ihrem Zwecke entſprechender Excurſionsbezirk möglicher Bewegungsgröße zugewieſen worden. Dieſe letztere zeigt ſich aber ſehr verſchieden. In der Conformation der Knochen nämlich ſchafft die Natur die nächſten Bedingungen, an welche die Einrichtung eines Gelenkes geknüpft iſt. Allein faſt allgemein gilt das Geſetz, daß die hinzukommenden Bänder und Bandſcheiben die mögliche Ausdehnung der Bewegungen mehr oder minder beſchränken. Die meiſten Gelenkoberflächen der Knochen ſind ſo eingerichtet, daß ſie verhältnißmäßig bedeutende gegenſeitige Veränderungen der Lage geſtatten. Faſt alle Röhrenknochen des trocknen künſtlichen Skelettes erlauben beträchtliche Verſchiebungen und Drehungen, denen nur zum Theil durch die Formen der Hartgebilde ein Ziel geſetzt wird. Selten findet ſich der Fall, welchen wir an dem Ellenbogengelenke am deutlichſten wahrnehmen, daß ſich ein eigener Knochenfortſatz, wie das Olecranon, gleich einem Sperrhaken in die Grube des Oberarmes einkeilt, ſobald die Streckung des Vorderarmes über 180° hinausgehen will. An den kleineren Knochen der Hand- und der Fußwurzel bedingen ihre gekrümmten Geſtalten, an den Charniergelenken die bald zu erwähnenden Rollen und Zapfen, an den ſchiefen Fortſätzen der Wirbel die Körper und Bogen der letzteren, Hinderniſſe, die ausgedehnteren Verſchiebungen in den Weg treten. Immer aber werden dieſe nach Entfernung ſämmtlicher Bänder des Gelenkes größer, als ſie im naturgemäßen Zuſtande waren.

753 Durch eine ſolche Anordnung ſparte die Natur nicht nur an Knochenſubſtanz und erſetzte dieſelbe durch leichtere Bandmaſſen, ſondern machte auch eine größere Schmiegſamkeit und Ausdehnung der Bewegungen möglich. Ueberdies gewann ſie den Vortheil, daß die Drehungen, wie ſchon früher (§. 46) erwähnt wurde, durch Uebung bedeutend vermehrt werden können. Wären immer Knochenfortſätze als Hemmungsapparate der Gelenke vorhanden geweſen, ſo hätten die letzteren über die einmal ihnen angewieſene Grenze ohne Verletzung der Hartgebilde nicht hinausgehen können. Hierbei aber wären bei den ſtarken Stößen, welche die Articulationen nicht ſelten treffen, weſentliche Gefahren eingetreten.

754 Schon in der Mechanik gebraucht man ſo verſchiedenartige Verbindungen, daß man nur die allgemeinſten Formen derſelben mit beſonderen Gattungsnamen zu bezeichnen im Stande iſt. Derſelbe Fall kehrt für unſern Körper ebenfalls wieder. Denn hier haben wir eine vollſtändige Reihe der mannichfaltigſten Uebergänge von der feſten Vereinigung bis zu der freieſten Drehung der Knochen. Um aber die Haupttypen dieſer allmälig an Beweglichkeit zunehmenden mechaniſchen Einrichtungen kennen zu lernen, müſſen wir mit denjenigen Verbindungen anfangen, welche alle Beweglichkeit unmöglich machen oder wenigſtens in höchſtem Grade beſchränken.

1) Die einfachſte Verbindungsweiſe beſteht in der gegenſeitigen unmittelbaren Anlagerung oder Einkeilung entſprechender Oberflächen, welche durch ein Minimum von Verbindungsſubſtanz an einander gehalten werden. Bei dieſer Anordnung bildet die feſte Vereinigung die Hauptſache. Daher auch die Beinhaut über die Anfügungsſtelle eben ſo gut hinweggeht, als wenn nur ein fortlaufendes Knochenſtück exiſtirte. Dieſen Fall haben wir z. B. an dem Schädel und einem Theile der Geſichtsknochen. Bei der Schuppennaht iſt natürlich die Einkeilung geringer als bei verſchiedenen Zahnnähten. Eine verhältnißmäßig nicht ſehr dickwandige hohle Kugel, wie z. B. der Schädel, ein nicht zu feſter, dünner und gekrümmter Hebel, der in breitere Theile übergeht, wie das Jochbein, können bei dieſem Minimum von Beweglichkeit äußeren Gewalten, welche ſie treffen, eher Widerſtand leiſten, als wenn ſie aus einem Stücke gearbeitet worden wären.

2) Knochen, bei denen die zuletzt genannten Erforderniſſe in etwas höherem Grade eintreten, die ſich in ihren Verbindungen etwas elaſtiſcher geſtalten ſollen, dürfen nicht mehr durch gegenſeitige Zacken oder Zähne oder durch bedeutende Erhöhungen und Vertiefungen in einander greifen, ſondern kehren einander ebnere Flächen zu und werden durch bedeutendere Zwiſchenräume von einander getrennt. In dieſen letzteren befinden ſich dann feſte Knorpel und Faſerknorpel, welche durch äußere Bandfaſern verſtärkt werden. Indem die Faſern einander durchkreuzen und ſich überhaupt mannichfach verflechten, heben ſie zum Theil Druck- und Zugwirkungen, von welchen ſie getroffen werden, wechſelſeitig auf und werden ſo geeignet, mit eben ſo viel Feſtigkeit als nöthiger Elaſticität zu arbeiten. Dieſen Fall haben wir z. B. an den verſchiedenen Symphyſen, z. B. der Symphysis sacro-iliaca, zum Theil der Symphysis sacro-coccygea, der Symphysis pubis. Wo die Zwiſchenſtücke in dieſem Falle concentriſche Ringe, die um eine weichere Mittelmaſſe herumgehen, darbieten, wie dieſes z. B. bei dem prismatiſchen Knorpel der Schaambeinfuge der Fall iſt, gewährt wahrſcheinlich dieſe Anordnung in beſchränkterem Maaße denſelben Nutzen, welchen die Zwiſchenknorpel der Wirbelkörper darbieten.

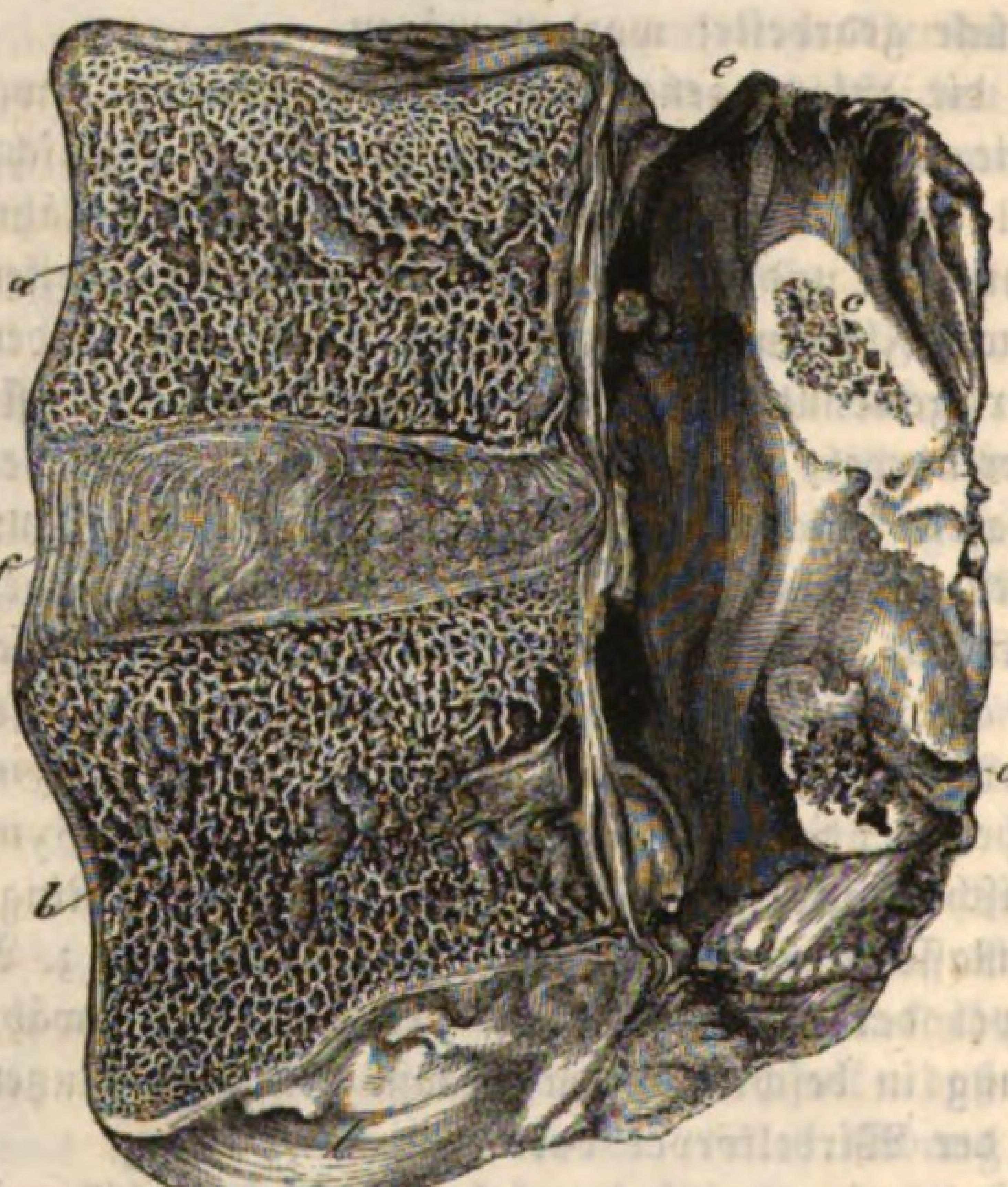
3) Sollen einander fremdartige, einfach wirkende Skelettgebilde in wechſelſeitiger Stellung für immer befeſtigt werden, ſo werden ſie wie Nägel oder Pflöcke in einander eingelaſſen. Dieſen Fall haben wir bei der Einkeilung (Gomphosis) der Zähne, deren Feſtigkeit der Beſtimmung der letzteren genau entſpricht. Daher auch bei den breiteren Backzähnen durch die Zahl der Wurzeln erſetzt wird, was bei den Eckzähnen die bedeutendere Länge des Einkeilungsſtückes leiſtet.

4) Da die ächte Knorpelſubſtanz eine größere Elaſticität, dafür aber eine geringere Feſtigkeit als der Knochen beſitzt, ſo werden da, wo die erſteren Eigenſchaften nothwendig werden, Knorpel und Knochen unmittelbar an einander geleimt. Der knöcherne Theil dient zum Angriffspunkte der ſtärkeren Muskeln. Jener aber pflanzt ſeine Veränderung auf den Knorpelſtab, der vermöge ſeiner Elaſticität reagirt, fort. Dieſer Fall tritt bei den Rippen am meiſten hervor.

5) Die pyramidal über einander geſchichteten Wirbelkörper bilden, wie

wir ſchon früher (§. 739) ſahen, ein Piedeſtal, welches ſich der Zunahme der Laſt entſprechend nach unten vergrößert. Da es aber zu gleicher Zeit, vorzüglich von vorn nach hinten und umgekehrt, gebogen, weniger dagegen um ſeine Querachſe gedreht werden ſoll, ſo ſtellt die Natur Einſchaltungsſtücke her, welche dieſem Requiſite auf das vollkommenſte entſprechen. Die Zwiſchenknorpel beſtehen nämlich aus concentriſchen Schichten von Faſern. Die letzteren verlaufen von oben nach unten, heften ſich beiderſeits an die Wirbelkörper und erſcheinen hierbei nach Außen convex, nach Innen concav. Fig. 36 erläutert uns dieſe Verhältniſſe. Wir haben hier den ſenkrechten Längendurchſchnitt des vierten und fünften Lendenwirbels eines erwachſenen Mannes, der neben den entſprechenden Dornfortſätzen hinabgeht. a iſt der vierte, b der fünfte Lendenwirbelkörper; c u. d ſind die entſprechenden Bogentheile, e der geöffnete Wirbelcanal, f die vorderen, g die ihnen entgegengeſetzten Faſern des Zwiſchenwirbelknorpels, h der Kern, i die hinteren und k die ihnen entgegengeſetzten Intervertebralfaſern. Die concentriſchen Ringe der letzteren zeigen ſich bei l. Wird nun z. B. die Wirbelſäule nach vorn gebogen, ſo legen ſich die vorderen Faſern ein, während ſich die hinteren ſtrecken, und umgekehrt. Der nachgiebigere Centraltheil h dagegen dient dazu, dieſen Veränderungen der genannten elaſtiſchen Faſern entſprechend auszuweichen und deren Thätigkeit ungehindert vor ſich gehen zu laſſen. Jeder drehenden Bewegung aber wird bald durch jene Anordnungsweiſe der genannten feſten Faſern mit großer Kraft ein Ziel geſetzt werden. Die elaſtiſchen gelben Bänder, welche ſich zwiſchen den Wirbelbogen hinziehen, bilden ein Supplement der eben geſchilderten Einrichtung. Sie ſtehen ihrer Thätigkeit nach mit den hinteren Theilen der Zwiſchenwirbelknorpel in gleichem, mit den vorderen dagegen in umgekehrtem Verhältniſſe.

Fig. 36.



[1]) E. H. Weber in Meckel's Archiv, 1827. W. u. Ed. Weber a. a. O. S. 94. Taf. II. Fig. 2.

6) Faſt ebene Gelenkflächen gleiten an einander. Ihre gegenſeitige Entfernung wird nicht bloß durch ihre Gelenkkapſeln, ſondern auch durch die Form und Befeſtigung der benachbarten Knochentheile verhütet. Dieſen Fall haben wir an den Gelenken der meiſten ſchiefen Fortſätze der Wirbelſäule.

7) Ein Zapfen dreht ſich an einer entſprechenden Kreisfläche, die natürlich, wenn das Aufnahmſtück allſeitig geſchloſſen iſt, vollſtändiger ſein muß. Läuft er hingegen an einer Seite frei, ſo kann ſie auch nur einen Halbkreis oder ſelbſt einen Bogenabſchnitt darſtellen. Die Drehungsachſe liegt dabei quer und kann je nach Verſchiedenheit der Umſtände einen ganzen Kreis oder einen aliquoten Theil deſſelben beſchreiben. In unſerm Körper haben wir z. B. an dem Zahnfortſatze des Epiſtropheus eine ſolche Zapfenvorrichtung, deren Rotation jedoch theils durch die Form der beiden oberſten Halswirbel, theils durch eigene Bänder, wie die Ligamenta alaria, das Ligamentum cruciatum und zum Theil die entſprechende Parthie des Apparatus ligamentosus vertebrarum colli beſchränkt wird. Selbſt bei größtmöglicher Drehung kann daher nur nach jeder Seite hin ein Winkel von 40° — 45° beſchrieben werden.

8) Bogige oder entſprechende krummlinigte Gelenkflächen laufen in einander und werden theils durch die Formen ihrer Ausſchnitte und die Geſtalten ihrer Knochen, theils durch ihre Bänder beſchränkt. Hierher gehören die Gelenkverbindungen des Atlas und des Hinterhauptes, der Rippenköpfchen mit den Querfortſätzen der Wirbel, des Schlüſſelbeines mit dem Bruſtbeine und dem Acromion, der Hand- und Fußwurzelknochen u. dgl. Die ideale Achſe des Gelenkes kann hier hinauf und hinunter oder von einer Seite zur andern in einem Bogen ſpielen, deſſen Größe bei jedem dieſer Gelenke nach Verſchiedenheit der Nebentheile wechſelt. Selten ſind noch Verſchiebungen, wie z. B. am Kiefergelenke, die Größe der Excurſion zu verſtärken im Stande. Die vollkommenſten Einrichtungen dieſer Claſſe gehen unmittelbar in die folgende Articulationsweiſe über.

9) Mit dem Namen eines Nußgelenkes bezeichnet man in der Mechanik den Fall, in welchem ſich ein kugelförmiger Kopf innerhalb einer kugelförmigen Gelenkfläche dreht und daher mit ſeiner Achſe, ſofern dieſe nicht durch ihre übrige Befeſtigungsweiſe gehindert iſt, einen ganzen Kreis in jeglicher Richtung zu beſchreiben vermag. Die ſogenannten Arthrodien entſprechen zwar im Allgemeinen ſolchen Nußgelenken unſerer Maſchinen. Allein ſie weichen durch die theilweiſe Beſchränkung ihrer Bewegung wenigſtens von dem möglich freieſten Typus dieſer Verbindungsweiſe ab. Die ungenirteſte Arthrodie unſeres Körpers bildet das Schultergelenk. Die kugelige Fläche des Oberarmkopfes ſpielt hier innerhalb der ſehr ſchlaffen Gelenkkapſel an der weit kleinern Cavitas glenoidea des Schulterblattes. Selbſt hier aber tragen das Acromion und der Processus coracoideus, ſowie die umgebenden Weichtheile zur Beſchränkung der Excurſion in allen denkbaren Richtungen bei. An dem Hüftgelenke, welches bei den Bewegungen des kugeligen Kopfes des Oberſchenkels in der Pfanne

in noch bedeutenderem Maaße an unſere künſtlichen Nußgelenke erinnert, fällt die Hemmung noch größer aus. Das Supercilium acetabuli, das Labrum cartilagineum und das Ligamentum teres bilden an ihm die vorzüglichſten Beſchränkungsorgane, welche hier an dem Gelenke ſelbſt angebracht worden.

10) Mit dem Namen eines Charniers bezeichnen wir in der Mechanik diejenige Art von Gelenken, bei welchen die beiden beweglichen Theile um eine durch ſie hindurchgehende Axe laufen. Ihre Excurſion iſt daher nur eine einſeitige und keine drehende. Eine Reihe von Gelenken unſeres Körpers verhalten ſich in ihren Bewegungseffecten ganz wie die Charniere. Allein nie geht eine feſte Axe durch das Gelenk hindurch. Als Aequivalente derſelben bedient ſich vielmehr die Natur der Geſtalten der Knochentheile ſelbſt und der an ſie gefügten Bänder. Die Finger- und Zehenglieder liefern uns in dieſer Beziehung die einfachſten Beiſpiele. Die Concavität des erſten Gelenkes des Zeige-, Mittel-, Ring- und kleinen Fingers ſpielt in der convexen Gelenkfläche des entſprechenden Mittelhandknochens, ſo daß in dieſer Hinſicht eine Arthrodie zu Stande kommt, welche jedoch durch die Seitenbänder und die anderen Weichgebilde in hohem Grade beſchränkt wird. An den oberen Gelenkköpfchen des erſten Phalanx haben wir keinen einfachen Kugelabſchnitt, ſondern zwei ſeitliche Rollen und eine mittlere Vertiefung. In dieſe paßt eine Kante des zweiten Phalanx, während für die Rollen des erſten entſprechende Vertiefungen angebracht ſind. Denken wir uns nun die beiden Knochen in ihrem luftdicht ſchließenden Gelenke durch die Gelenkkapſel und die Gelenkbänder feſtgehalten, ſo muß die erwähnte Knocheneinrichtung ſelbſt das Charnier herſtellen. Denn ſo leicht die Rollen von vorn nach hinten ſpielen, ſo wenig können ſie ſich drehen, weil ſich dann die Kante als Sperrhaken widerſetzt. Dieſelbe Einrichtung zeigt ſich zwiſchen den zweiten und dritten Fingerphalangen, ſowie zwiſchen dem letzten und vorletzten Phalanx des Daumens. Bei dem erſten Phalanx des letztern und dem entſprechenden Mittelhandknochen dagegen wird ſie auf ihr Minimum reducirt, ſo daß ſchon wiederum eine freiere Arthrodie hervortritt. Aehnlich verhalten ſich die etwas beſchränkter beweglichen Zehengelenke. Endlich haben wir

11) an dem Ellenbogen- und in dem Kniegelenke zum Theil Charnier-, zum Theil Drehgelenke unmittelbar neben einander. Die Verhältniſſe der Ulna und des Oberarmes erinnern vollkommen an ein abſichtlich beſchränktes Charnier. Die einzig möglichen Bewegungen ſind hier die der Beugung und der Streckung. Jener wird durch den Processus coronoideus und zum Theil durch die Peripherie des Kopfes des Radius, dieſer durch das Olecranon ein Ziel geſetzt. Allein die Charnierthätigkeit des Ellenbogens bezieht ſich faſt nur auf den Oberarm und die Ulna. Daher auch beide Seitenbänder, die bei dieſen Articulationsweiſen, wie wir geſehen haben, eine beſondere Rolle ſpielen, vorzugsweiſe an die Ellenbogenröhre treten. Denn der Radius geht, wenn man von den ſich vorfindenden Ringfaſern abſieht, durch einen Schlitz des Ligamentum laterale externum hindurch. Durch dieſe Einrichtung wird es aber möglich gemacht, daß er

ſich hier in einem horizontalen Drehgelenke zu bewegen vermag — ein Verhältniß, welches wiederum an dem Handwurzelende das ähnlich, aber entgegengeſetzt gerichtete Drehgelenk des Köpfchens der Ulna in dem halbmondförmigen Ausſchnitte des Radius möglich und ſogar nothwendig macht.

Die Anordnung des Kniegelenkes entfernt ſich noch mehr von der der einfachen organiſchen Charnierverbindungen als die des Ellenbogens. Denn hier können auch die Charniertheile ſelbſt, ſobald nur der Unterſchenkel gegen den Oberſchenkel gebogen iſt, beſchränkte Drehbewegungen veranlaſſen. Dieſes rührt davon her, daß die Gelenkoberflächen des Femur und des Schienbeines verſchiedenartige Curven darbieten. Allerdings laufen zwar die Condylen des Oberſchenkels in zwei, durch eine mittlere Vertiefung geſonderte Rollen aus. Allein die Durchſchnitte der Oberflächen von dieſen bilden keinen Kreisbogenabſchnitt, ſondern eine längs derſelben gezogene Linie entſpricht eher einem Theile einer Spirale (W. u. E. Weber)[1]. Da nun die entſprechenden Aushöhlungen der Tibia ſehr flach ſind, ſo folgt hieraus von ſelbſt, daß Oberſchenkel und Schienbein nicht auf einfache Weiſe wie Oberarm und Ellenbogenröhre in einander rollen können, ſondern daß ſich die Gelenkköpfe des Femur, ungefähr wie ein Rad vom Fußboden, von der Tibia abwickeln. Die ſtarken Seitenbänder unterſtützen dann dieſe einſeitige Bewegung von vorn nach hinten. Sie machen erſt durch ihre vollkommene Spannung das Kniegelenk zu einer Charniervorrichtung, da die Knochentheile allein dieſe Beſtimmung nicht zu erfüllen im Stande wären. Bei der Beugung aber erſchlaffen beide Ligamenta lateralia in ungleichem Grade. Das innere bleibt alsdann geſpannter als das äußere. Dieſe Aſymmetrie derſelben iſt wohl berechnet. Denn der innere Gelenkkopf des Oberſchenkels kann ſich nur unter Vorausſetzung eines ſolchen Verhältniſſes in ſeiner tiefern Gelenkgrube um ſich ſelbſt drehen, während der äußere einen größern ortsverändernden Bogen beſchreibt. Auf dieſe Weiſe wird dann jetzt eine Pronation und Supination, die ſonſt bei der Streckung durch die Ausſpannung der Seitenbänder verhindert iſt, in beſchränktem Maaße möglich. Die Kreuzbänder dienen vorzüglich, um die Verſchiebung der Oberſchenkelcondylen auf dem Schienbeine zu verhüten, um es unmöglich zu machen, daß ſie ſich nach vorn oder hinten ſchleifend verrücken. Indem ſie aber bei der Beugung ſowohl als der Streckung geſpannt werden, vermögen ſie dieſen Dienſt in beiden Fällen zu leiſten, ohne eine dieſer Stellungen zu beeinträchtigen.

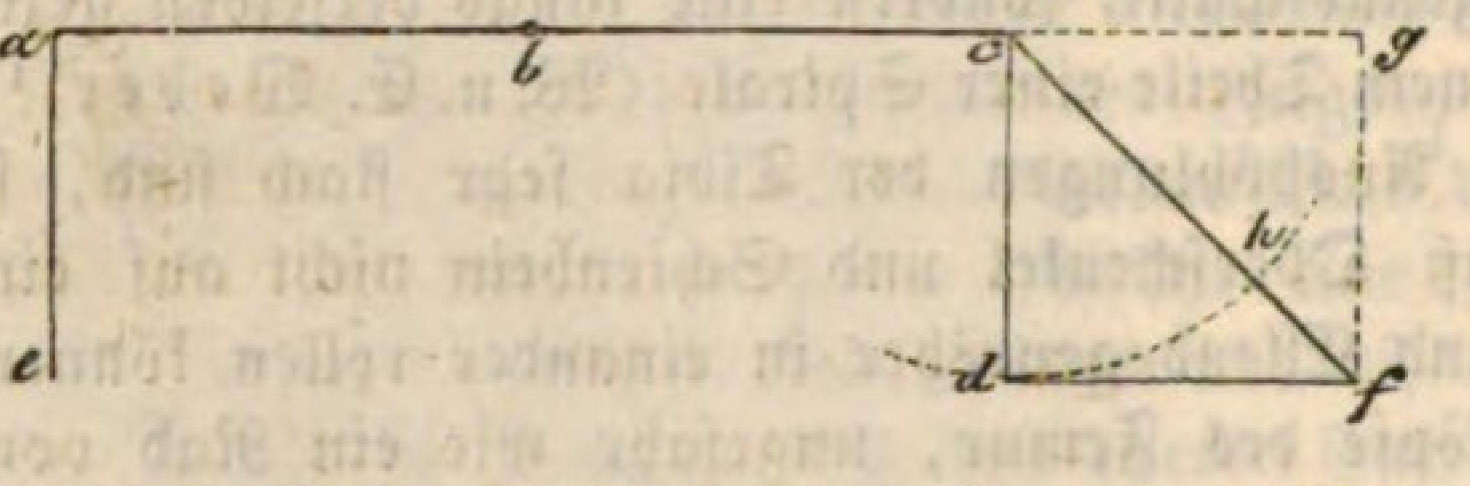
Die Irritabilitätsäußerungen der contractilen Gebilde 755
leiſten für die paſſiven Bewegungswerkzeuge daſſelbe, was die angreifenden Kräfte für die Hebel unſerer Maſchinen bewirken. Die allgemeinen Geſetze der Mechanik finden auf beiderlei Verhältniſſe die gleiche Anwendung. Die erregende Kraft der organiſchen Bewegung entſteht, wie wir ſahen, durch Verkürzung der zuſammenziehungsfähigen Elemente, von denen jedes ſeine Länge mit einer gewiſſen Intenſität vermindert. Die Summe dieſer ein-

[1]) W. u. Ed. Weber a. a. O. S. 169.

zelnen Energien trägt ſich auf die beiden Endpunkte des contractilen Gebildes über. Iſt der eine befeſtigt, ſo muß der andere mit einer Kraft bewegt werden, welche der Summe der einzelnen Zugwerthe minus der Widerſtandsgröße des paſſiven Bewegungsorganes gleicht. Dieſes aber vorausgeſetzt werden Vermehrung der Zahl der contractilen Faſern und Vergrößerung der möglichen Kraftentwicklung identiſch ſein. Wir werden finden, daß der letztere Satz viele Verhältniſſe der Muskeln als zweckmäßig erſcheinen läßt, die ſonſt das Anſehen von unvollkommenen mechaniſchen Einrichtungen darbieten würden.

756 Wirkt eine Kraft auf einen geraden Hebel dergeſtalt, daß ſie die Richtung der Bewegungsachſe deſſelben ſenkrecht durchſchneidet, ſo befindet ſie ſich unter günſtigeren Verhältniſſen, als wenn ihr Angriff unter einem ſchiefen Winkel geſchieht.

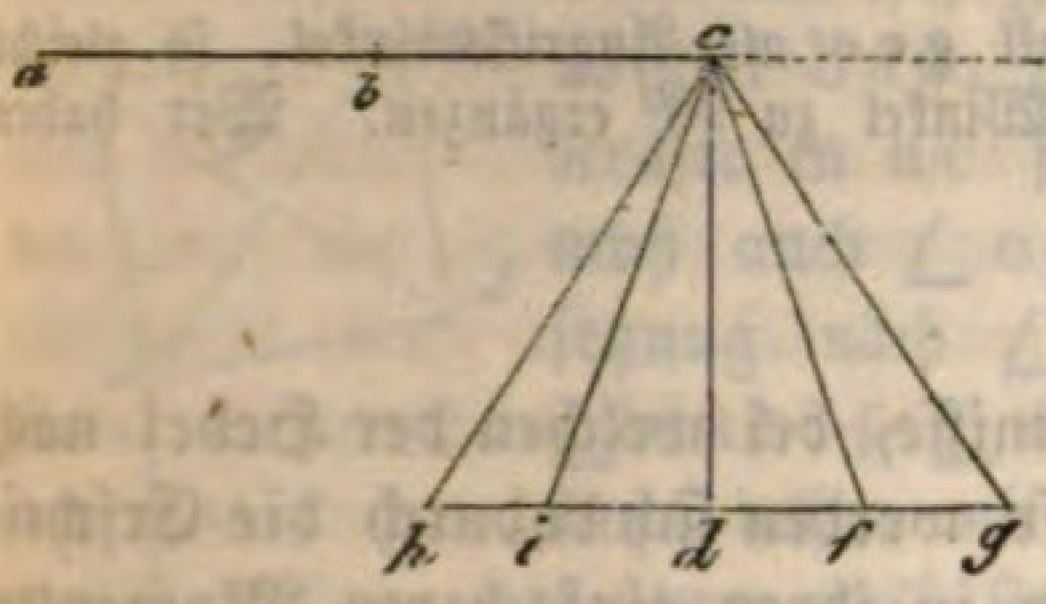
Fig. 37.



Denken wir uns in ac einen geraden Hebel, z. B. einen Wagebalken, welcher in dem Punkte b unterſtützt iſt, ſonſt dagegen frei ſchwebt. ab und bc ſind gleich lang und gleich ſchwer, ſo daß ac, wenn die Unterlage b ſenkrecht ſteht, horizontal verläuft und ab und bc bei ihren Schwankungen dieſelben, aber entgegengeſetzten Momente beibehalten. Greift nun eine Kraft cd den Punkt c unter dem rechten Winkel bcd an, ſo wird ſie mit ihrer vollen Größe den Arm bc nach unten, den ba dagegen nach oben führen. Wird bei a eine gleiche Kraft ae unter dem rechten Winkel eab angebracht, ſo müſſen ſich ae und cd gegenſeitig aufheben. Der Balken ac wird horizontal bleiben, und nur die Unterlage b wird mit ae + cd = 2cd oder dem Doppelten der einſeitigen Kraft belaſtet ſein. Wenn dagegen die größere Kraft cf unter dem ſtumpfen Winkel bcf den Arm bc fortzuführen ſucht, ſo geht ein Theil ihrer Größe verloren. Sie kann nur ebenſo viel als eine kleinere Kraft cd, welche auf den Arm bc unter dem rechten Winkel bcd einwirkt und ſelbſt mit dem Endpunkte f den rechten cdf bildet, thätig ſein. Obgleich daher cf größer als ae iſt, ſo wird jene doch durch ae im Gleichgewichte gehalten. Denn machen wir cf zur Diagonale und conſtruiren das Parallelogramm der Kräfte cgfd, ſo arbeitet cf eben ſo viel, als wenn eine Kraft cg den Punkt c in der Richtung von c nach g oder von a nach g, und eine zweite Kraft cd von c nach d zu führen ſucht. Die horizontale Fortbewegung von a nach g iſt aber für die Verrückung von oben nach unten gleichgültig. In dieſer letztern Hinſicht alſo kann cf nicht mehr als cd leiſten. Beſchreiben wir aber um den Mittelpunkt c mit dem Halbmeſſer cd einen Kreisbogen, ſo wird dieſer die Hypothenuſe cf des rechtwinkligen Dreiecks cdf in h ſchneiden. Da nun cd = ch iſt, ſo folgt hieraus, daß die Kraft cf wegen ihres ſchiefen Anſatzes unter dem Winkel bcf die Größe hf eingebüßt hat.

757 Der Verluſt an Kraftgröße wird um ſo bedeutender ausfallen, je mehr ſich der Angriffswinkel nach einer oder der andern Seite hin von einem

Fig. 38.



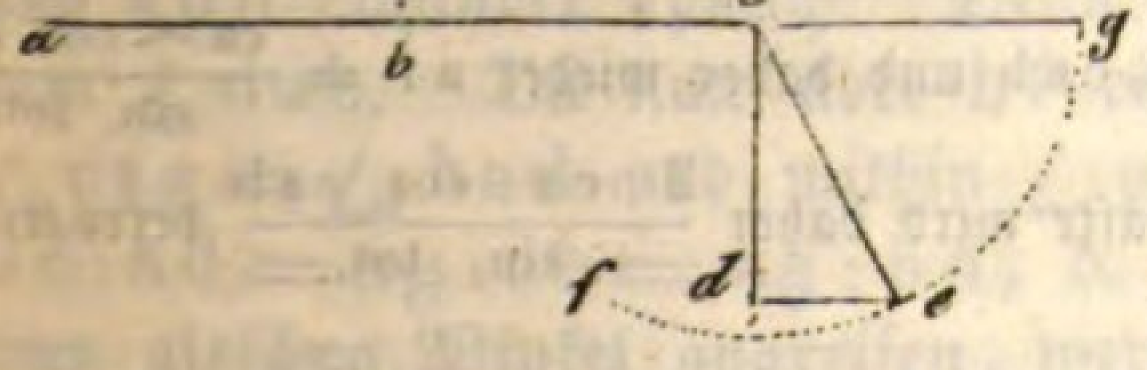
Rechten entfernt. Geſetzt, es arbeite an dem Wagebalken ac, der bei b unterſtützt iſt, in c eine Kraft unter cf und eine zweite unter cg, ſo wird jede von ihnen, wenn dg eine durch ihre Endpunkte geführte gerade Linie und cd auf ihr ſenkrecht iſt, nur mit einem Werthe, welcher der Senkrechten cd gleicht, ziehen. Da aber cdf u. cdg rechtwinklige Dreiecke mit derſelben einen Kathete ſind, die andere Kathete dg aber größer als df iſt, ſo muß auch die Hypothenuſe cg länger als die cf ausfallen. Die Kraft cg verliert alſo mehr als cf, weil ihr Wirkungswinkel bcg ſtumpfer als bcf iſt.

Dieſelben Verhältniſſe gelten auch für die andere Seite. Wenn z. B. ci unter dem ſpitzen Winkel bci angreift, ſo gleicht ihr Effect cd. Iſt aber wieder hd eine gerade Linie und cd auf ihr ſenkrecht, ſo wird die noch größere Kraft ch, die nur unter dem noch ſpitzern Winkel bch arbeitet, denſelben Effectwerth cd haben. Der letztere wächſt alſo um ſo mehr, je mehr ſich der einwirkende Winkel einem rechten nähert. Zwiſchen 0° und 90° nimmt er daher mit Vergrößerung der Grade zu, zwiſchen 90° und 180° dagegen ab.

Der Einfachheit wegen wurden dieſe Verhältniſſe ſo betrachtet, wie ſie ſich nach der unmittelbaren Anſchauung auf den erſten Blick ergeben. Streng genommen aber müſſen die Angriffswinkel anders beſtimmt werden, ſobald wir gleichzeitig die Richtung des Zuges berückſichtigen. Arbeitet z. B. cg, ſo ſucht die Kraft den Punkt c in der Richtung von c nach g hinwegzuführen. Ihr Angriffswinkel iſt daher richtig als der ſtumpfe acg angenommen worden; wenn dagegen ch in Thätigkeit kommt, ſo hat ſie die Tendenz, den Punkt c nach b zu leiten. Ihr Angriffswinkel iſt daher ſtreng genommen nicht der ſpitze ach, ſondern der ſtumpfe ech, der jenen erſteren zu zwei rechten ergänzt. Der wirkende Winkel übertrifft alſo in dieſem Falle immer einen rechten und der Verluſt der Effectgröße iſt um ſo bedeutender, je mehr er ſich 180° annähert.

Faſſen wir dieſe Verhältniſſe mathematiſch auf, ſo ergeben ſich folgende einfache Reſultate. Die Kraft ce hat wegen des Winkels bce die Effectgröße cd. Nun iſt der Angriffswinkel bce = 90° + dce. Für den Winkel dce aber wird, wenn ce der Sinus totus, cd zum Cosinus; mithin für bce zum Sinus. Es iſt mithin ce : cd = sin tot. : sin. bce = sin. tot. : cos. dce, d. h. die Kraftgröße einer ſchiefen Wirkung verhält ſich zur wahrhaft entſtehenden ſenkrechten, wie der Sinus totus zu dem Sinus des ſtumpfen Angriffswinkels oder dem Coſinus des Ueberſchuſſes des letzteren über einen Rechten.

Fig. 39.



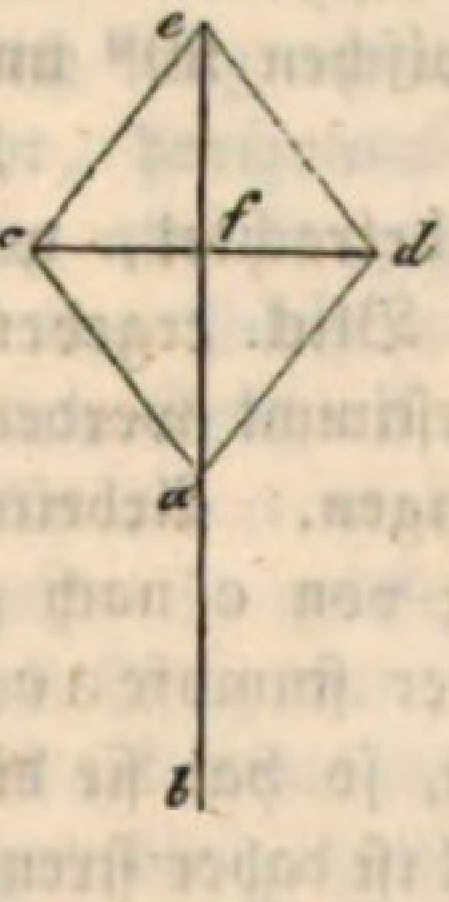
Geſetzt, die Kraft betrage 20 und der Angriffswinkel 100°, ſo haben wir, wenn wir die wirkende Kraftgröße mit x bezeichnen, 20 : x = sin. tot. : cos. 10. und $x = \frac{20 \times \text{cos. } 10^\circ}{\text{sin. tot.}} = 19{,}696$. Durch ihren ſchiefen Angriff hat alſo die Kraft 0,304 ver-

loren. Betrüge dagegen bce 170°, ſo gliche die reelle Kraftgröße 3,473. Ihr Deficit würde 16,527 ausmachen.

Nimmt man für den oben erwähnten Fall gce als Angriffswinkel, ſo gleicht ſein Sinus dem Cosinus von dce, da ſich beide Winkel zu 90° ergänzen. Wir haben daher $x = \frac{ce \times \text{sin. } gce}{\text{sin. tot.}}$.

758 Betrachten wir nun diejenigen Verhältniſſe, bei welchen der Hebel nach allen Richtungen beweglich gedacht wird, ſo werden ſich dadurch die Erſcheinungen der contractilen organiſchen Faſern in ihren einfacheren Momenten von ſelbſt erläutern. Wird jener an einem ſeiner Endpunkte von gleichen, aber entgegengeſetzten Kräften rechtwinklig angegriffen, ſo heben ſich dieſe vollſtändig auf. Es kann dann weder eine Bewegung in die Länge, noch eine ſolche in die Quere zu Stande kommen. Wirken dagegen zwei gleiche ſchiefe Kräfte unter denſelben Angriffswinkeln, ſo heben ſie ſich zwar in den ſeitlichen Richtungen auf, führen aber den geraden Hebel der Länge nach in einer Direction fort, welche die unmittelbare Verlängerung von jenem darſtellt. Hierbei verliert jede von ihnen ein gleiches Quantum ihrer Kraftgröße. Nehmen wir an, der Hebel ab werde in a von den gleichen Kräften ac und ad unter denſelben Winkeln cab und dab angegriffen. Conſtruiren wir das Parallelogramm der Kräfte aced, ſo wird der Punkt a in ae fortgehen. Nun ſind aber die Dreiecke ace und ade congruent, indem ae beiden gemeinſchaftlich, $ac = ce = ed = da$ iſt. Es muß daher $\angle cae = \angle ead$ ſein. Der Vorausſetzung nach war $\angle cab = \angle dab$. Es wird daher auch $\angle cab + \angle cae = \angle dab + \angle ead$ ausfallen, d. h. jede dieſer beiden Summen muß zwei Rechten gleichen, ſo daß ae die unmittelbare Verlängerung von ab darſtellt. Hieraus ergiebt ſich ſchon von ſelbſt, daß der Punkt a bei ſeiner Bewegung nach e keine ſeitliche Schwankung vornehmen kann. Die Kraft ac zieht ihn mit ihrer reellen Größe cf von f nach c, die ad mit der ihrigen von f nach d. Beide Linien fc und fd ſind ſenkrecht, gleich und entgegengeſetzt, und heben einander daher auf. In der Längenrichtung wirken ſowohl ca als ad mit af. Es wird daher der Punkt a mit $2af = ae$ fortrücken.

Fig. 40.



Für den Angriffswinkel cab bildet af den Cosinus, wenn ac dem Sinus totus gleicht. Wir haben daher ca : af = sin. tot. : cos. cab und daher wieder $af = \frac{ca \times \text{cos. } cab}{\text{sin. tot.}}$. Die gemeinſchaftliche reelle Größe beider Kräfte wird daher $\frac{2 \,.\, ca \,.\, \text{cos. } cab}{\text{sin. tot.}}$ betragen.

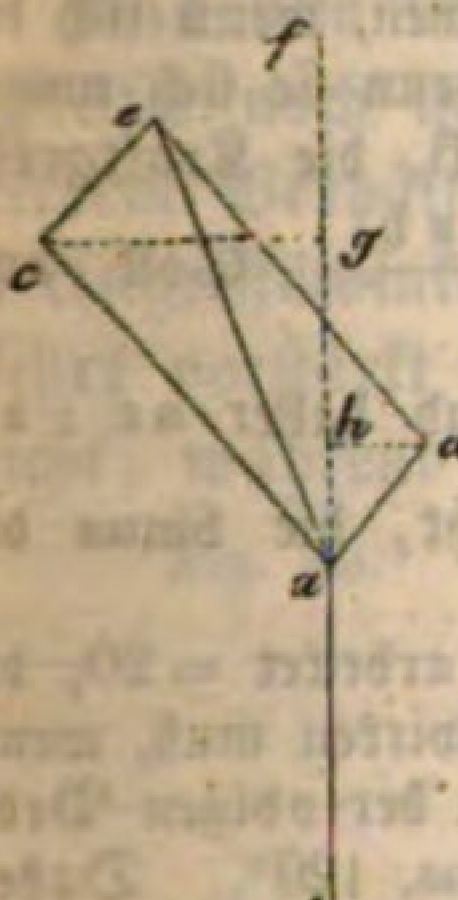
759 Sind die ſchiefen Kräfte gleich, ihre Angriffswinkel aber verſchieden, ſo können beide zwar rückſichtlich ihrer ſeitlichen Wirkungen gleich viel verlieren. Der bewegte Punkt aber wird dann nicht gerade, ſondern ſchief fortgeführt. Hierbei liegt ſeine Bahn in der Halbirungslinie desjenigen Winkels, welcher die beiden Angriffswinkel zu vier rechten ergänzt. Wirkt

Fig. 41.

z. B. die Kraft ac auf den Punkt a unter dem Winkel cab und die gleiche Kraft ad unter dem weniger ſtumpfen Winkel bad, ſo wird jener nach dem Parallelogramm der Kräfte in ae fortgezogen. Da nun aber $ce \# ad$, ſo muß auch $\angle eac = \angle dae$ ſein. Nun iſt der Vorausſetzung nach $\angle dab$ kleiner, als cab; folglich iſt auch $\angle dab + \angle dae$ kleiner, als $\angle cab + \angle cae$. ea kann daher mit ab keine fortlaufende gerade Linie bilden, ſondern muß ſich nach d, d. h. nach derjenigen Seite, welche dem minder ſtumpfen Winkel dab entſpricht, wenden. Ziehen wir nun aber cd, ſo werden, indem die vier Dreiecke congruent ſind, bei f rechte Winkel ſein. Dem Längenzuge nach wirkt daher die Kraft ca ſowohl als die ad mit der Größe af, und der Punkt a wird mit $2af = ae$ fortgehen. Nun iſt $\angle cae = \angle ead$, d. h. ae halbirt den Winkel cad, welcher die Summe der beiden Angriffswinkel $cab + dab$ zu vier Rechten ergänzt. Greift z. B. die eine Kraft unter 110°, die andere gleiche unter 150° an, ſo wird daher die mittlere Wirkungslinie mit jeder der beiden ſeitlichen Kraftlinien einen Winkel von 50° bilden.

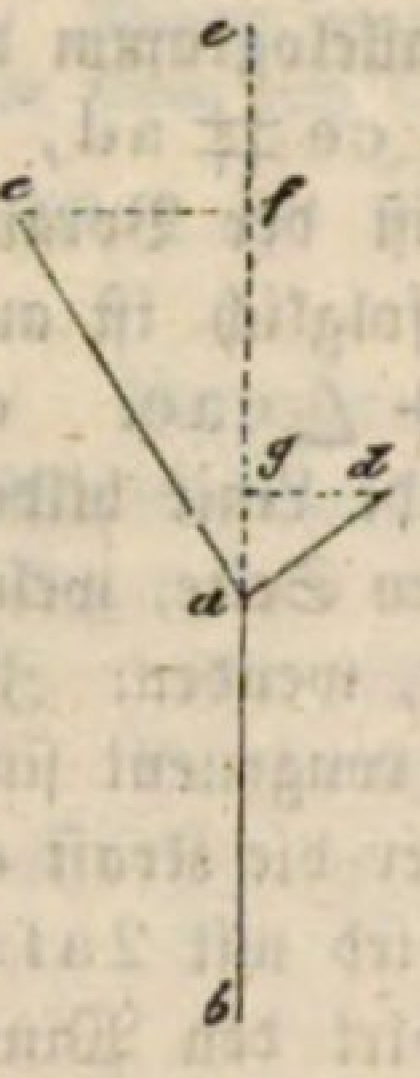
Ein ähnliches Reſultat ergiebt ſich für den Fall, wenn die Angriffs- 760
winkel zwar gleich, die Kräfte dagegen verſchieden ſind. Die ſchiefe Fortleitungslinie liegt dann an der Seite der größern Kraft. Proportionell verliert aber jede von beiden gleich viel. Geſetzt, a werde von der kleineren Kraft ad und der größern ac unter den gleichen Winkeln bad und bac angegriffen, ſo haben wir nach dem Parallelogramm der Kräfte die Effectlinie ae, die natürlich als Diagonale größer iſt, wie ad oder ce. Die beiden Dreiecke ade und aec ſind aber congruent und daher $\angle aed = \angle eac$. Nun liegt ead der größern Seite $de = ac$ und $\angle aed$ der kleinern Seite ad gegenüber. Folglich iſt der Winkel ead größer als eac. Es muß daher die Bahn ae nach der Seite von c hin geneigt ſein. Verlängern wir aber jetzt ab und af und ziehen auf dieſe von c aus cg und von d aus dh ſenkrecht, ſo wirkt für den Längenzug ca mit der Kraftgröße ag und für den Querzug mit der von cg. Ebenſo hat ad in beiden Beziehungen die Werthe ah und hd. Nun ſind aber die beiden Dreiecke acg und adh einander ähnlich. Denn der Vorausſetzung nach gleicht $\angle cab$ dem $\angle dab$. Da nun aber bf eine grade Linie darſtellt, ſo wird auch $\angle cag = \angle had$ und mithin $\angle gca = hda$ ſein. Wir haben mithin $ac : ad = ag : ah = cg : hd$, d. h. beide ſchiefen Kräfte, welche unter dem gleichen Winkel angreifen, werden in beiderlei Richtungen verhältnißmäßig gleichviel verlieren.

Fig. 42.



Sind endlich die Kraftgrößen und die Angriffswinkel ungleich, ſo kön- 761
nen ſie natürlich je nach Verſchiedenheit der Verhältniſſe die Effectlinie ſchiefer machen, oder ſich in Betreff der Ablenkung derſelben wechſelſeitig compenſiren. Was die Angriffswinkel betrifft, ſo werden ſich Längen- und

Fig. 43.



Querzug umgekehrt verhalten. Jener muß um ſo bedeutendere Kraftgrößen haben, je mehr ſich der Angriffswinkel 180°, dieſer je mehr er ſich 90° annähert. Das Quantum der wirklichen Kräfte dagegen wird durch die Seite, in welcher der Zug erfolgt, beſtimmt. Nehmen wir an, ac (Fig. 43) wirke als größere Kraft unter dem Angriffswinkel bac, die kleinere ad mit dem Angriffswinkel bad, ſo werden ſich, wenn be eine grade Linie und cf und gd auf ihr ſenkrecht ſind, für den Längenzug die reellen Effecte af und ag für den Querzug cf und dg ergeben, af und ag wachſen aber, je weiter ac und ad an die Linie be rücken, d. h. je mehr ſich die Winkel cab und dab 180° nähern, während ſich cf und dg um ſo mehr verlängern, je weniger die Winkel cab und dab von 90° entfernt ſind. Wirkt daher z. B. die größere Kraft unter einem Winkel, der zweien rechten näher ſteht, ſo wird ſie auch einen größern Werth für den Längen- und einen kleinern für den Querzug erhalten.

Man ſieht aber leicht, daß ſich auf dieſe Weiſe Kraftgröße und Angriffswinkel compenſiren können und daß eine bedeutende ſchiefe Kraft vermöge ihres ungünſtigern Angriffswinkels nur eben ſo viel Effect auszuüben vermag, als eine kleinere unter einem günſtigeren.

Dieſe Compenſation wird dann für den Längenzug zu Stande kommen, wenn ſich die Kraftgrößen umgekehrt wie die Coſinus, für den Querzug dagegen, wenn ſie ſich umgekehrt wie die Sinus verhalten. Denn im erſteren Falle gleicht z. B. die Kraftgröße von ca; $x = \frac{ac\ \cos.\ cab}{\sin.\ tot.}$ und die von ad; $y = \frac{ad\ .\ \cos.\ dab}{\sin.\ tot.}$. Soll nun aber $x = y$ ſein, ſo haben wir $\frac{ac\ .\ \cos.\ cab}{\sin.\ tot.} = \frac{ad\ \cos.\ dab}{\sin.\ tot.}$ und daher $ac : ad = \cos.\ dab : \cos.\ cab$ für den Querzug bilden, wie man leicht ſieht, die Sinus die gleichen Werthe. Es iſt daher $ac : ad = \sin.\ dab : \sin.\ cab$.

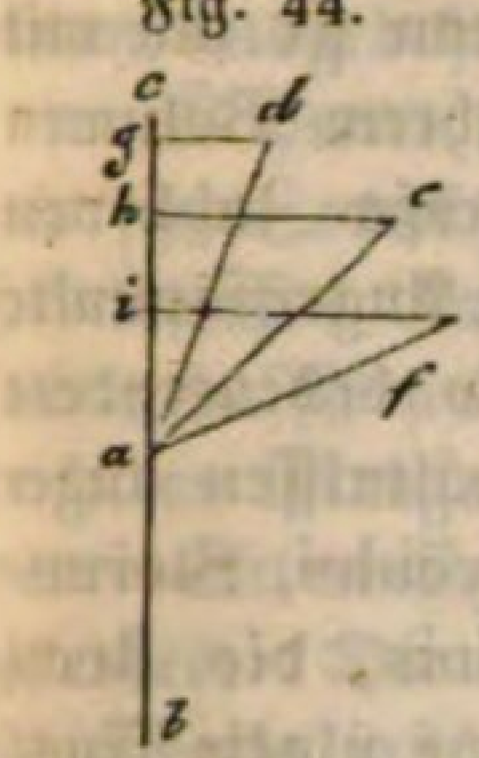
Iſt z. B. die eine Kraftgröße, welche unter einem Winkel von 120° arbeitet = 20, die andere dagegen 15, und man ſucht den Winkel φ, unter welchem dieſe wirken muß, wenn der Effect für den Längenzug der gleiche ſein ſoll, ſo haben wir nach der obigen Proportion $15 : 20 = \cos.\ 120^\circ : \cos.\ \varphi$. Mithin $\cos.\ \varphi = \frac{4}{3}\ .\ \cos.\ 120^\circ$. Daher $\varphi = 131^\circ\ 47'\ 23''$.

Wäre umgekehrt der Angriffswinkel der größeren 20 betragenden Kraft = 120° und der der anderen kleineren 140°, und man ſucht dann für den Längenzug die gleichwirkende geringere Kraftgröße, ſo haben wir dann für dieſe $= x = \frac{20 \times \cos.\ 120^\circ}{\cos.\ 140^\circ} = 13{,}054$.

762 Wirkt eine Reihe ſchiefer und entgegengeſetzter ſeitlicher Kräfte auf einen Hebelpunkt ein, ſo wird ihre reelle Kraft für den Längenzug, ſobald ſie ſelbſt unter einander gleich bleiben, um ſo mehr abnehmen, je mehr ſich ihr ſtumpfer Angriffswinkel von 180° entfernt oder je mehr ſich deſſen Supplement zu zwei Rechten 90° annähert. Soll aber auf dieſe Weiſe keine Verminderung der Wirkung Statt finden, ſo müſſen die Kräfte, je weiter ſie nach außen liegen, an Länge zunehmen. Sowohl jene erſtere Abnahme bei urſprünglich gleichen Kräften, als dieſe nothwendige Zunahme der letzteren hängt, wenn die Effecte conſtant bleiben ſollen, von den Größen der Angriffswinkel ab.

In beiden Fällen nämlich werden die zu beſtimmenden Werthe, ſobald wir nur den Längenzug im Auge behalten, mit den Cosinus der Angriffswinkel in Beziehung ſtehen. Für den Querzug dagegen müſſen die Sinus die Beſtimmungsglieder abgeben. Wirken z. B. auf a die gleichen Kräfte ad, ae und af unter den ungleichen Winkeln bad, bae und baf, ſo werden ihre reellen Effecte für den Längenzug durch ag, ah und ai dargeſtellt. Nun haben wir aber

Fig. 44.

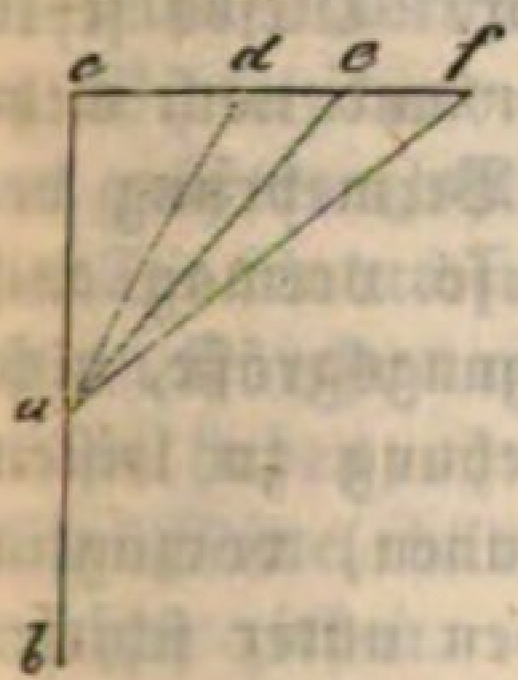


$$ag = \frac{ad \;.\; \cos.\; cad}{\sin.\; tot.},\quad ah = \frac{ae \;.\; \cos.\; bae}{\sin.\; tot.}\ \text{und}\ ai = \frac{af \;.\; \cos.\; baf}{\sin.\; tot.}$$

Da nun der Vorausſetzung nach $ad = ae = af$, ſo ergiebt ſich $ag : ah : ai = \cos.\ bad : \cos.\ bae : \cos.\ baf$.

Wenn z. B. drei gleiche Kräfte, von denen jede den Werth 10 hat, unter Winkeln von 120°, 130° und 140° angreifen, ſo werden ſich ihre reellen Effecte des Längenzuges = cos. 120° : cos. 130° : cos. 140° = 1 : 1,2855 : 1,5321 verhalten. Die reelle Kraftwirkung gleicht bei 120° 5,000, bei 130° 6,4278 und bei 140° 7,6604.

Fig. 45.



Sollen aber die ungleichen ſchiefen Kräfte ad, ae und af die gleiche reelle Wirkung ac für den Längenzug beſitzen, ſo müſſen ſich ihre Größen nicht direct, ſondern umgekehrt, wie die Coſinus ihrer Angriffswinkel verhalten. Denn wir haben

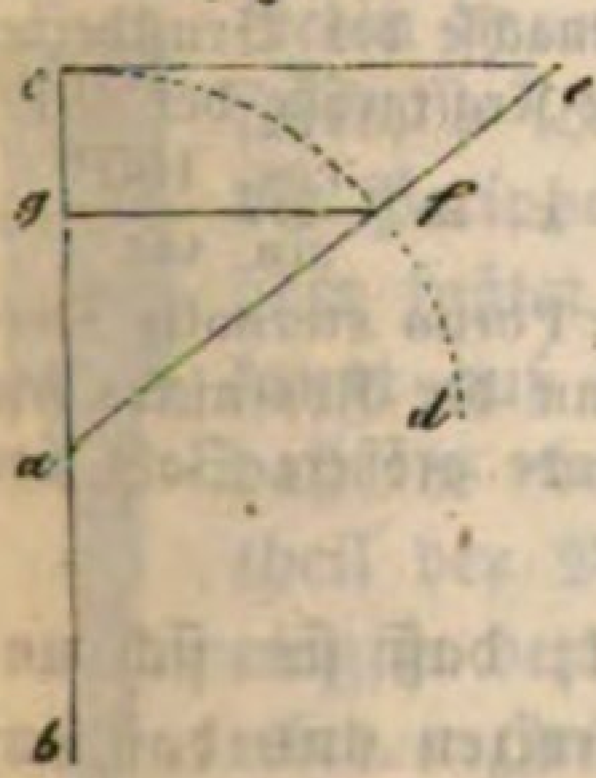
$$ad = \frac{ac \;.\; \sin.\; tot.}{\cos.\; cad},\quad ae = \frac{ac \;.\; \sin.\; tot.}{\cos.\; cae}\ \text{und}\ af = \frac{ac \;.\; \sin.\; tot.}{\cos\;.\; caf}$$

Hieraus folgt $ad = ae : af \cos.\ caf : \cos.\ cae : \cos.\ cad$.

Geſetzt, es griffen wieder ad, ae und af unter 140°, 130° und 120° an, ſo haben wir, wenn z. B. ad = 20 iſt, ae = 20 × 1,2855 = 25,71 und af = 20 × 1,5321 = 30,642.

Aus dem eben Angeführten ergiebt ſich endlich, daß immer die Längen- 763
zugkräfte noch mit den gleichen, welche in der Querrichtung wirken, in indirectem Verhältniſſe ſtehen müſſen. Jene wachſen mit der Annäherung des Angriffswinkels an zwei Rechte, während dieſe dabei abnehmen. Umgekehrt verſtärkt ſich der Querzug, je weniger der Winkel von 90° abweicht, während ſich wieder der Längenzug für dieſen Fall vermindert.

Fig. 46.



In jedem Falle wird ſich der Längenzug zum Querzuge, wie der sin. tot. zur Tangente des Angriffswinkels verhalten. Denn für die Kraft af bildet ag den reellen Werth des Längen- und fg den des Querzuges. Beſchreiben wir nun mit dem Halbmeſſer af den Kreisbogen cfd und ziehen die Tangente ce des Angriffswinkels eab, ſo haben wir, da eca und fga rechte Winkel ſind, in agf und ace ähnliche Dreiecke und daher ag : gf = ac : ce, oder, da ac = af und für die Tangente ce die Linie af den Sinus totus bildet, ag : gf = sin. tot. : tang. eab. Für denſelben ganzen Sinus aber wird die Tangente um ſo größer, je mehr ſich fab 90° annähert. Daher die oben erwähnten Verhältniſſe von ſelbſt erhellen.

Gehen wir nun nach dieſen allgemeinen Erörterungen zu den Erſchei- 764
nungen, welche die Muskel- und Sehnenfaſern ſelbſt darbieten, über, ſo finden wir zunächſt, daß die wenigſten Muskeln unſeres Körpers ſo angeheftet ſind, daß ſie ihre Hebel unter den günſtigſten Verhältniſſen, d. h. entweder ſenkrecht oder in der Fortſetzung ihrer Achſe angreifen. Sogar diejenigen, welche noch die vortheilhafteſten Momente der Art zeigen, haben ſie nur für die Majorität ihrer Faſern, nicht aber für alle. Dieſe ſcheinbare Unvollkommenheit rührt davon her, daß die Natur weit leichter

eine größere Muskelkraft herſtellen, als die Zweckmäßigkeit und Vielſeitigkeit der möglichen Bewegungen und die Schönheit der Formen aufgeben wollte.

765 Dünne und platte Muskeln, welche faſt parallele Seitenränder und vordere und hintere ebene Flächen darbieten, erfordern, wenn ſie ſich mit ihren Faſern unmittelbar anheften, breite Anſatzflächen. Ihrem Volumen entſprechend können ſie verhältnißmäßig weder eine ſehr große Zahl von Muskelfaſern in ſich aufnehmen, noch ſich in einem kleinern Angriffspunkte concentriren. Sie müſſen daher, ſobald ſie irgend relativ bedeutendere Wirkungen hervorbringen ſollen, unter ſehr günſtigen Verhältniſſen angebracht ſein. Aus dieſem Grunde z. B. greifen die Sternohyoidei, Sternothyreoidei, Hyothyreoidei, zum Theil die Recti abdominis, die Recti bulbi u. dgl. ihre Hebel faſt rechtwinkelig an. Werden ſolche platte Muskeln dicker, ſo daß ſie für dieſelbe Länge und Breite mehr Muskelfaſern faſſen, ſo tritt dieſes Requiſit in geringerem Grade hervor. Dieſes ſehen wir z. B. an dem Sternocleidomastoideus, dem Masseter und noch mehr an den Pterygoideis u. dgl. Während aber hier die Vermehrung der Zahl der Muskfaſern als Compenſationsmittel erſcheint, ſo vermag auch eine Verlängerung derſelben, die nur die mögliche Verkürzungsgröße, nicht aber die Kraft erhöht, ähnliche Dienſte in dieſer Beziehung zu leiſten. Muskelfaſern, welche in einem Kreisbogen verlaufen, können, vorzüglich wenn ihre Hebel geringeren Widerſtand darbieten, dieſelben unter ſchiefen Winkeln angreifen. Belege hierfür geben viele Bündel der Obliqui abdominis externus und internus, der Constrictores pharyngis und zum Theil der Obliqui oculi.

Vergleichen wir z. B. den Sternohyoideus mit dem Sternocleidomastoideus rückſichtlich ihrer Anſätze an das Bruſtbein, ſo wird uns dieſe Betrachtung eine Erläuterung des Geſagten liefern. Eine Faſer des erſteren Muskels, welche die Querachſe des Manubrium Sterni ſenkrecht angreift, wird ihre volle reelle Kraftwirkung ausüben. Heftet ſich dagegen die Portio sternalis Sternocleidomastoidei bei feſtgeſtelltem, nach keiner Seite geneigtem Kopfe an jene z. B. unter 110°, folglich an die Längenachſe des Bruſtbeines unter 160°, ſo haben wir nach §. 756., wenn wir die urſprüngliche Kraftgröße der Muskelfaſer = 1 ſetzen, für den reellen Kraftwerth des Längenzuges $x = \frac{\text{cos. } 160^\circ}{\text{sin. tot.}} =$ 0,9397. Es gehen mithin durch den erwähnten ſchiefen Anſatz der Portio sternalis Sternocleidomastoidei 0,0603 oder $^3/_{50}$ verloren. Dieſes Deficit kann der Kopfnicker ſehr leicht durch ſeine geringere Abplattung und die daraus reſultirende größere Zahl von Muskelfaſern in mehr als hinreichendem Maaße decken.

766 Viele platte Muskeln zeigen die Eigenthümlichkeit, daß ſie ſich unmittelbar vor ihrem Anſatze mehr in die Breite ausſpreizen und daß auf dieſe Weiſe, vorzüglich ihre äußerſten Faſern, bogig werden. Dieſes hat zum Zweck, ihre Angriffsfläche zu vergrößern, ohne daß an reeller Kraft viel verloren geht.

Jedoch läßt hierbei die Natur den letzteren Uebelſtand keineswegs aus den Augen, ſie modulirt vielmehr hiernach die Anfügungsformen. An den unteren Anſätzen des Sternocleidomastoideus, der noch bedeutendere Laſtwirkungen ausüben muß, erſcheinen ſie daher auch nur ſehr untergeordnet. Die Ausſchweifung beginnt erſt weiter unten und betrifft nur einen kleinen Theil der Muskelfaſern. An einzelnen Antlitzmuskeln dagegen, wie z. B. an

dem Levator labii superioris alaeque nasi, wo ausgedehnte Stellen der Haut des Geſichtes als Hebel dienen ſollen, weichen alle Faſern in Bogenlinien aus einander, um die weniger widerſtrebende äußere Haut in einem ausgedehnteren Bezirke zu beherrſchen.

Während Muskeln, die weniger Muskelfaſern darbieten, bisweilen, 767
wie ſchon erwähnt (§. 765), dadurch einen Vortheil erlangen, daß ſie ihre Hebel unter den günſtigſten Verhältniſſen angreifen, finden andere zu demſelben paſſiven Bewegungsorgane gehende Muskelfaſern, die nur in zahlreicherer Menge vorhanden ſind, ungünſtigere Bedingungen ihres Anſatzes vor. Ein auffallendes Beiſpiel der Art geben uns die Strecker des Kniegelenkes. Die meiſten Faſern des ſchwächern Rectus femoris greifen die Knieſcheibe faſt ganz in ihrer Längenachſe an und verlieren daher nichts an Kraft. Die in zahlreicherer Menge dagegen vorhandenen Muskelfaſern der Vasti externus und internus dagegen ziehen an der Patella unter ſchiefen Winkeln und verlieren dadurch einen Theil ihrer Kraft, welcher durch ihre größere Zahl und ihren breiteren Anſatz compenſirt werden muß.

Die Natur ſucht die meiſten Muskeln und vorzüglich diejenigen, welche 768
ſich an Knochen anheften und zu gleicher Zeit größere Hebelwirkungen auszuüben haben, auf kleinere Angriffsſtellen zu concentriren. Das vorzüglichſte Mittel bilden hierbei die Sehnen, welche dann gleich Stricken die Knochen ziehen. Auch dieſes Problem wird auf die zweckmäßigſte Weiſe gelöſt. Bedenken wir, daß jeder Quertheil einer Muskelfaſer ein Aequivalent für ein Quantum möglicher Kraftäußerung bildet, ſo konnten die Faſern längs ihres Verlaufes nur mit Aufopferung eines Theiles ihrer Energie verſchmälert werden. Sie behalten daher auch ihre Breitendurchmeſſer, längs des größten Theiles ihrer Länge, bei und verſchmälern ſich nur unmittelbar vor ihrem Ende auf auffallende Weiſe. Die Sehnenfaſern umfaſſen nun den abgerundeten Schlußtheil der Muskelfaſer und treten dann zu einem Bündel zuſammen. Iſt a z. B. die Muskelfaſer, b ihr abgerundetes Ende und ſind c die Sehnenfäden, welche die Peripherie des letzteren umfaſſen, ſo gehen dieſe dann früher oder ſpäter zu dem dünneren Sehnenbündel d zuſammen. Es erlangt auf dieſe Weiſe einen geringeren Querdurchmeſſer, ohne daß es bei ſeiner peripheriſchen Anheftung an den Schlußtheil der Muskelfaſer an Feſtigkeit etwas verliert oder das Geringſte der Zuſammenziehungseffecte der Muskelfäden aufgegeben wird. Indem ſich aber dieſe Verhältniſſe ſummiren, wird es möglich, daß eine Sehne z. B. 10 Mal ſo dünn als ihr Muskel ſein kann und doch alle Veränderungen der Muskelfaſern und Muskelfäden auf das Pünktlichſte wiedergiebt.

Fig. 47.

Da die Sehne immer einen kleineren Querſchnitt als der entſprechende 769
Muskel darbietet, ſo muß ſie ſchon aus dieſem Grunde von einzelnen Muskelfaſern ſchief angegriffen werden. Dieſes iſt ſelbſt bei den breiten und dünnen Sehnen platter Muskeln der Fall, weil jene einen kleineren Querſchnitt als dieſe haben. Außerdem aber heften ſich noch häufig acceſſoriſche Muskelfaſern an ſchon gebildete Sehnen anderer Muskeln, um

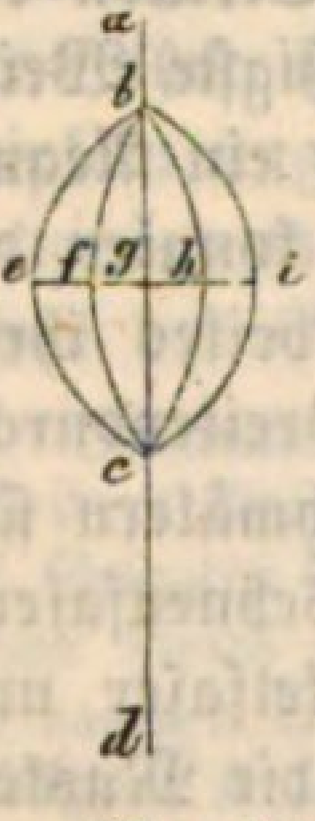
die Zugkraft noch mehr zu erhöhen. Einen deutlichen Beleg hierfür haben wir an der Achillesſehne in Betreff der unteren Faſern des Soleus.

770 Eine vollſtändige Ausgleichung würde in dem Falle zu Stande kommen, wenn die Anſatzlinie der Muskelfaſern auf der Verlängerung der Sehne ſenkrecht ſtände.

Fig. 48.

Iſt z. B. ab die Sehne und cd die Anſatzlinie, welche die Verlängerung von ab bei e perpendiculär ſchneidet, ſo werden die Faſern ac, ef, ag, ae, ah, ai und ad die gleiche Zugwirkung ausüben, weil ihr Anſatzwinkel durch ihre größere Länge compenſirt wird (§. 762). Dieſer einfache Fall ſcheint aber wegen der Unebenheiten der Gebilde faſt nie in mathematiſcher Reinheit einzutreten. Dagegen findet er ſich annähernd an einzelnen Abtheilungen des Gracilis z. B., und zum Theil der Pectorales realiſirt. Diejenigen Muskeln, welche, wie der Biceps brachii, der Rectus femoris beiderſeits in Sehnen auslaufen und in ihrer Mitte ziemlich gleichförmig anſchwellen, zeigen wenigſtens in Betreff eines Theiles

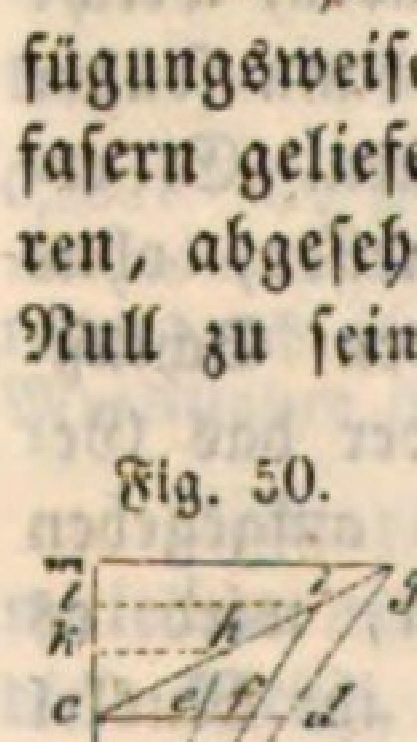
Fig. 49.



ihrer Faſern ähnliche Verhältniſſe. Sind z. B. ab und cd ihre obere und untere Sehne, bec und bic, bfc und bhc ihre gleich, aber entgegengeſetzt laufenden Faſern, ſo ergiebt ſich von ſelbſt, daß dieſe mit derſelben Kraftwirkung wie bc ziehen müſſen. Denn halbiren wir bc in g und machen ei in g rechtwinklig auf bc, ſo haben wir in abei und in dcei den vorigen Fall. Die genannten doppelt ſehnigten runden Muskeln weichen nur inſofern von dieſem reinen Verhältniſſe ab, als ihre Sehnenenden ſelbſt in ihren Verbindungsflächen gegen einander geneigt ſind.

771 An jeder Sehne vereinigt die Natur durch die eben geſchilderte Anfügungsweiſe eine Summe von Kräften, welche durch die einzelnen Muskelfaſern geliefert werden. Wir haben aber hier bei der Paſſivität der erſteren, abgeſehen von den Nebencorrectionen, welche in unſerem Körper faſt Null zu ſein brauchen, denſelben Fall, wie wenn an einem Stricke, der mit einem Gewichte beſchwert ſenkrecht herabhängt, ſchiefe Kräfte von gleicher oder verſchiedener reeller Größe angebracht ſind.

Fig. 50.



Iſt z. B. ab die Sehne, cd die eine Hälfte einer geradlinigt angenommenen Anſatzfläche des Muskels und acd = 90°, ſo wirken die Zugkräfte ae, af und ad, jede für ſich ebenſo viel als ac, und die Sehne wird daher mit einer Kraft von 4 ac in der Richtung von a nach c oder ba nach a geführt. Läge dagegen die Anſatzfläche ſchief, z. B. in der Richtung cg, ſo daß acg einen ſtumpfen Winkel bildet, ſo hätte ac für den Punkt c ſeine volle Kraft, ah dagegen nur die von ak, ai die von al und ag die von am. Die Sehne wird daher mit einer Kraftgröße von ac + ak + al + am an-

gezogen. Auf dieſe Weiſe aber empfängt ſie die Summe aller reellen Kraftwirkungen der Muskelfaſern, die jedoch der Ungleichheit der Winkel wegen nicht immer, wie ſich aus dem Vorigen von ſelbſt ergiebt, in gleichem Verhältniſſe mit der urſprünglich gegebenen Zugwirkung ſteht.

Die eben ausgeſprochene Anſicht findet ſich ſchon bei Alf. Borelli, de motu animalium Lugd. Bat. 1685. 8. Pars prima [1]) p. 90 fgg. ſehr klar entwickelt. Die Unterſuchungen dieſes Forſchers haben im Ganzen ein eigenthümliches Schickſal erlitten. Die beſten Mechaniker des vorigen Jahrhunderts, wie z. B. Daſaguliers, betrachten mit Recht die Grundtheoreme von Borelli als vollkommen wahr und beziehen ſich mit vollſtem Vertrauen auf dieſelben. Daſſelbe geſchieht von Mechanikern und Phyſikern der neueren Zeit, wie z. B. von Gerſtner, Muncke u. dgl. Die Phyſiologen dagegen ſehen die Arbeit von Borelli eher als eine Art wiſſenſchaftlichen Mißgriffes, als den Ausdruck eines hiſtoriſchen Irrthums, denn als ein Werk von bleibendem Werthe an. Vorzüglich gilt dieſes ſeit dem Abſchluß der Hallerſchen Periode. Denn Haller ſelbſt nimmt noch auf das Wahre, welches in den Leiſtungen von Borelli und vorzüglich in der von ihm angebahnten Richtung liegt, gebührende Rückſicht. Die Urſache jenes Mißcredites der neueren Phyſiologen und Aerzte liegt aber theils darin, daß die Jatromechaniker ſehr häufig ihre Theoreme auf willkürliche und, wie wir jetzt wiſſen, unbegründete Annahmen bauten, theils aber auch in der irrigen Anſicht, daß ſolche mechaniſche Geſetze keine Anwendung auf unſeren Organismus in irgend einer Art finden können. Dazu kam, daß die mathematiſche Auffaſſung den Forſchern des organiſchen Lebens ferner liegt, als den Phyſikern. Studirt man aber Borelli's Schrift von unpartheiiſchem Standpunkte und mit Berückſichtigung der Zeit, in welcher ſie ausgearbeitet worden, ſo wird man das Urtheil der Mechaniker gerechter als das der Phyſiologen finden. Denn die Hebelwirkungen der Muskeln ſind daſelbſt mit einer Klarheit und Richtigkeit dargeſtellt, welche die vollſte Anerkennung verdient. Dieſer Abſchnitt der Phyſiologie der Bewegung iſt nur von wenigen ſpäteren Forſchern mit ſolcher Schärfe, wie von Borelli, berückſichtigt worden. Schwächer dagegen erſcheinen allerdings ſeine Mittheilungen über die übrigen Functionen des thieriſchen Körpers, obgleich auch hier der originelle Geiſt des ausgezeichneten Mannes überall hindurchblickt.

Sollten die Sehnen ihren eben erwähnten Zweck erfüllen, ſo durften ſie nicht aller Dehnbarkeit entbehren, weil ſie ſonſt auf Koſten ihrer Widerſtandskraft zu ſpröde ausgefallen wären. Ihre Fäden biegen ſich daher auch bei gänzlicher Erſchlaffung des Muskels wellenförmig und erzeugen durch die verſchiedenartige Vertheilung des auf den Wellenbergen befindlichen Lichtes und des in den Thälern erſcheinenden Schattens Querſtreifen, wie ſie ſelbſt an ausgeſchnittenen Sehnen nicht ſelten beobachtet werden. Allein ihre elaſtiſche Ausdehnung hört bei dem Zuge bald auf, ſo daß die Muskeln in dieſer Beziehung ihre Kraft ohne irgend erheblichen Verluſt auf den Knochen übertragen. 772

Die Sehnen haben zwar im Allgemeinen den Nutzen, die Hebelbewegungen der Muskeln fernern paſſiven Bewegungsorganen mitzutheilen. Allein ſie erfüllen außerdem noch an den verſchiedenen Körperſtellen mannigfaltige Nebenzwecke untergeordneter Art. 773

1) Da die Cohäſion der Muskeln verhältnißmäßig nicht groß, die der Sehnen dagegen ſehr bedeutend iſt, ſo ſchaltet die Natur bisweilen zwiſchen den Muskelfaſern Sehnenfaſern ein, ſobald jene Gefahr laufen könn-

[1]) Obgleich dieſe Ausgabe eine zweite verbeſſerte ſein ſoll, ſo haben ſich doch noch viele Fehler in der Bezeichnung der Buchſtaben ſowohl im Text als in den Figuren in ihr erhalten.

ten, bei ſtärkeren Wirkungen in aliquoten Theilen zu ſehr gedehnt oder gar zerriſſen zu werden. Aus dieſem Grunde haben wahrſcheinlich z. B. der lange und dünne Omohyoideus, der Digastricus maxillae inferioris, der Rectus abdominis in der Mitte ihres Verlaufes ſehnigte Stellen. Die erſteren treten zugleich hierdurch mehr oder minder in die Kategorie mehrbäuchiger Muskeln, deren Wirkung auf eine Zahl von Punkten zugleich gerichtet ſein kann.

2) Durch die Exiſtenz der Sehnen wird an Raum geſpart. Fügten ſich immer die Muskelfaſern unmittelbar an die Knochen, ſo wären bei weitem größere Anſatzflächen nothwendig geweſen. Das Ferſenbein z. B. hätte noch breiter als die Wadenmuskeln ausfallen müſſen, weil ſich ſchon ein großer Theil der Muskelfaſern der letztern an ihre Sehne ſchief anlegt. Hierbei hätte der Fuß an Beweglichkeit und Eleganz bedeutend verloren, ohne ſonſt den geringſten Vortheil zu erreichen. Durch die Herſtellung der Sehnen dagegen arbeiten an den kleinen Räumen des Kronenfortſatzes des Unterkiefers, der Knochen der Hand, des Fußes u. dgl. voluminöſe und verſchiedenartige Muskelmaſſen, welche eine größtmögliche Beweglichkeit erzielen. Hieraus folgt zugleich

3) daß andere Bewegungen, welche ſonſt beſchränkt werden müßten, durch Einſchaltung von Sehnen unverändert gelaſſen werden konnten. Hätte z. B. der lange Kopf des Biceps keine Urſprungsſehne, ſo wäre in jedem Falle, ſobald ſich die Muskelfaſern deſſelben bis zu der Cavitas glenoidea scapulae und dem Labrum glenoideum erſtreckt hätten, an Beweglichkeit und Eleganz verloren gegangen. Aus dem gleichen Grunde häufen ſich die Sehnen der Strecker und Beuger des Unterſchenkels um das Kniegelenk an. Durch eine ſolche Einrichtung wird zugleich der Frictionswiderſtand, der ſonſt ſehr bedeutend ausfallen müßte, faſt gänzlich vermieden.

4) Vermag die Natur die wirkenden Muskelkräfte vermöge der Sehnen an paſſende entferntere Stellen zu verlegen. Die wichtigſten Beuger und Strecker der Finger und Zehen z. B. können auf dieſe Art an dem Vorderarme und dem Unterſchenkel angebracht ſein. Zu gleicher Zeit werden überdies hierdurch bisweilen, wie wir in der Folge ſehen werden, günſtigere Hebelrichtungen erzielt.

5) Concentriren ſich an manchen Stellen Muskeln, welche in bedeutender Längen- oder Flächenausdehnung entſpringen, auf einen Raum, der ſonſt nur einen aliquoten Theil derſelben aufnehmen könnte. Belege hierfür liefern z. B. der Latissimus dorsi, der Infraspinatus, der Subscapularis u. dgl.

6) Konnten Muskeln nur dann, wenn ſie ſelbſt zuſammengezogen ſind, hinreichend fixe Ausgangspunkte für andere Muskeln liefern. Bei Sehnen dagegen, welche vorzüglich in ihren Scheiden befeſtigt werden, war jene Nebenbedingung nicht erforderlich. Auf dieſe Weiſe ſind z. B. die Lumbricales für ſich und ohne daß der tiefe Fingerbeuger in Thätigkeit zu ſein braucht, zu wirken im Stande. Endlich

7) machen es die Sehnenausbreitungen möglich, daß ein Muskel mehr Muskelfaſern enthält und hierdurch einer bedeutenderen Kraftäußerung

fähig wird. Die näheren Verhältniſſe dieſes Punktes werden wir ſpäter kennen lernen.

774 Dieſen phyſiologiſchen und den ſchon früher erwähnten anatomiſchen Verhältniſſen entſprechend haben zwar immer die Sehnen in ihrem Verlaufe kleinere Querſchnitte, als die ihnen entſprechenden Muskeln, und ſind bald häutig dünn, bald rund, bald an zwei Flächen abgeplattet, an den anderen dagegen zugerundet. Ihre Verdünnung kann aber nur eine gewiſſe Grenze in jedem Falle erreichen, weil das Maximum der Dehnung, wie bei Stricken, in eine Stelle ihres mittleren Verlaufes fällt und ſie daher hier berſten würden, ſobald ihre Widerſtandskraft vermöge eines geringeren Calibers in zu hohem Grade abnähme. In der That ſehen wir auch, daß Sehnen, welche durch zu ſtarke Muskelwirkung verletzt werden, nicht an ihren Enden, ſondern an einem ihrer mittleren Punkte reißen. Wenn ſie, ſowohl nach dem Muskelende, als nach dem Knochenanſatze hin an Breite zunehmen, ſo liegt die Urſache des erſteren in der Aufnahme einer größeren Zahl von Muskelfaſern, während die ausgedehntere Anfügung an den Knochen die Befeſtigung an denſelben verſtärken ſoll. Gingen

Fig. 51.

z. B. die Sehnenfaſern a b gerade zu ihrer Knochenfläche c d, ſo könnten ſie ſich nur mit den Querſchnitten an ihren äußerſten Enden anfügen. Breiten ſie ſich dagegen bogenförmig in e und f aus, ſo vermehrt ſich die Zahl der Berührungspunkte, und die gegenſeitige Verbindung vermag um ſo dichter zu werden. Bei manchen Sehnen, die weniger ſtarke Kräfte überzutragen haben, beabſichtigt die Natur durch eine ähnliche Einrichtung einen andern Zweck. Indem ſie nämlich die Sehnenfaſern ausſpreizt, vertheilt ſie ſie auf eine größere Oberfläche und ſetzt daher eine bedeutendere Menge paſſiver Bewegungsorgane den Einwirkungen des Muskels aus. Ein Beiſpiel dieſes Verhältniſſes giebt uns der Palmaris longus mit ſeiner Verbreitung in der Aponeuroſe der Hand.

775 Bei Seilen und andern ähnlichen Vorrichtungen verzehrt die Reibung, welche zwiſchen ihnen und der Unterlage Statt findet, ein Quantum der Kraft. Wir können dieſen Uebelſtand an unſern Maſchinen nur dadurch zum Theil verringern, daß wir ſchlüpfrige Körper, wie Fett oder Oel, zwiſchen den Reibungsſtellen einſchalten. Soll aber wenigſtens der Fehler in allen Fällen gleichartiger ausfallen, ſo laſſen wir den Zugfaden in Frictionsrollen, d. h. in Rädern, welche um keine freie Achſe, ſondern ſelbſt wieder in Rädern laufen, ſpielen. Die Natur dagegen hält ſich auch hier wiederum an das erſtere Princip und reducirt die Reibung auf ihr Minimum, indem ſie eine ähnliche Vorrichtung wie in den Gelenken herſtellt. In den Sehnenſcheiden verſchiedener Art befindet ſich eine eiweißhaltige Flüſſigkeit, die bei dem luftdichten Verſchluſſe des Ganzen allen Veränderungen des Raumes genau folgt und zwiſchen der Sehne oder vielmehr einem feinen ſie bekleidenden membranöſen Ueberzuge und der Hülle liegt. Es reiben ſich daher hier wieder ein feſter Körper und eine Flüſſigkeit mit der größten Präciſion, ſo daß auf dieſe Weiſe nichts an

Kraft oder Zeit verloren geht. Bei langen Sehnen, an welchen die Verhütung der Reibung am dringendſten wird, treten auch die Sehnenſcheiden am meiſten hervor. Die Schleimbeutel bilden elaſtiſche Unterlagen, welche zwiſchen Sehnen und Knochen, Drüſen und Muskeln u. dgl. angebracht ſind und ebenfalls zur Verminderung der Friction beitragen.

776 Nur die wenigſten Sehnen unſeres Körpers ſetzen ſich unter ſo günſtigen Verhältniſſen an ihre Knochen, daß durch ihren Anheftungswinkel kein Theil der Kraft unwirkſam wird. Denn ſelbſt bei der Achillesſehne, welche faſt rechtwinklig auf die obere Fläche des Ferſenbeines ſtößt, iſt dieſes, wie wir in der Folge ſehen werden, nicht der Fall. Sie greifen vielmehr ihre paſſiven Bewegungsorgane noch häufiger als die Muskeln, welche unmittelbar an Knochen treten, unter kleinen Winkeln an. Auch hierdurch verliert zwar die Natur an Kraft, gewinnt aber dafür an Zweckmäßigkeit der Einrichtung. Der Deltoideus z. B. fügt ſich an die Oberfläche des Humerus unter einem mittleren Winkel von ungefähr 10° bis 15°, die Neigung ſeines Anſatzes gegen die Drehungsaxe des Oberarmes erreicht daher noch lange nicht einen halben Rechten. Sollte ſie aber 90° betragen, ſo hätten die Urſprungsſtellen des Muskels, nämlich die Extemitas acromialis claviculae, das Acromion und die Spina scapulae weit über das Schultergelenk hinausgeführt oder tief um daſſelbe herabgebogen werden müſſen. Abgeſehen von der gänzlichen Veränderung, welche hieraus reſultirte, abgeſehen davon, daß die Natur durch eine ſolche Einrichtung einen entweder übermäßig ſtarken oder zu ſchwachen Deltoideus geſchaffen, ſo hätten entweder bedeutende Raumſtellen leer bleiben oder mit anderen Muskeln, die doch keine rechtwinkligen Anſatzpunkte erhalten konnten, gefüllt werden müſſen. Man wird überhaupt bei einigem Nachdenken leicht einſehen, daß unſer Körper, ohne im höchſten Grade verunſtaltet zu werden, keine vollſtändige Muskulatur zu beſitzen im Stande war, deren Sehnen nicht größtentheils die innern Skelettſtücke ſchief angriffen.

777 Bei der Beſtimmung dieſes Anſatzwinkels an den Knochen müſſen wir immer die mathematiſche Hebellinie im Auge behalten, weil wir ſonſt eine unrichtige Grundlage für die Beurtheilung der reellen Effectgröße vorausſetzen würden. Nehmen wir an, a ſei der Urſprung und b der Anſatz eines Muskels, bc die äußere Oberfläche und d der Drehpunkt des entſprechenden Knochens, ſo wird db der mathematiſche Hebel ſein, an welchem der Muskel in b zieht. Der Angriffswinkel iſt daher nicht abc, ſondern abd. Bildeten z. B. die oberſten Faſern des Deltoideus mit der Oberfläche des Oberarmes einen Winkel von 4° und die unterſten einen ſolchen von 22°, ſo daß wir im Mittel 13° hätten, ſo wäre dieſes noch nicht der wahre Angriffswinkel, wenn der Muskel den Arm nach außen führen ſoll. Jener iſt vielmehr abc + cbd, d. h. wenn der letztere durchſchnittlich ebenfalls 13° betrüge, 26°. Wir werden in der Folge ſehen, daß ſich Phyſiker durch Vernachläſſigung dieſer Verhältniſſe zu weſentlich unrichtigen Berechnungen haben verleiten laſſen.

Fig. 52.

Die Ermittelung der reellen Kraft erfolgt dann nach denſelben Principien, welche bei Gelegenheit der Anfügung der Muskelfaſern an die Sehnen dargeſtellt worden.

Der Anſatzwinkel der Sehne an den mathematiſchen Hebel des Knochens kann ſich im Laufe der Zuſammenziehung eines Muskels verändern. Hierdurch vermag dann eine der nothwendigen größeren Anſtrengung entſprechende theilweiſe Correction hervorgerufen zu werden. Iſt z. B. a der Drehpunkt des zu bewegenden Knochens, ab der mathematiſche Hebel, welchen der Muskel bc unter dem Winkel abc angreift, ſo wird, wenn ſich cb zu cd verkürzt, b nach d geführt, und der gegenwärtige Angriffswinkel iſt adc. Wenn nun cb größer als cd, ſo haben wir in den Dreiecken aeb und ced den Winkel ced und aeb als Scheitelwinkel gleich; eab dagegen größer als ecd. Denn beſchreiben wir um a mit ab = ad einen Kreis und ziehen bf, ſo iſt bad größer als bfd. Dieſer letztere Winkel gleicht aber fcb + cbf. Folglich muß Winkel eab größer als Winkel bcd ſein. Iſt dieſes aber der Fall, ſo iſt abf kleiner als adc, d. h. der Angriffswinkel des Muskels iſt durch die Verkürzung des letztern 90° näher getreten und bietet daher ein günſtigeres Verhältniß dar. 778

Fig. 53.

Wenden wir z. B. dieſes Theorem wiederum auf den Deltoideus an, ſo wird der von ihm zu überwindende Widerſtand bei ſenkrecht herabhängendem Arme gleich Null ſein. Denn die Laſt der Extremität wird bei dem luftdichten Verſchluſſe des Schultergelenkes durch den Druck der Atmoſphäre getragen. Führen wir aber die ſteife Extremität, während wir die übrigen Gelenke geſtreckt halten, gerade nach außen und oben, ſo vermehrt ſich der Widerſtand, je weiter dieſe Bewegung nach oben fortſchreitet, ungefähr wie bei einer Zeigerwage das Gewicht um ſo größer werden muß, je mehr das andere Ende des ſchweren oder beſchwerten Hebels emporſteigen ſoll. Mit dieſem größeren Hinderniſſe, welches mit der ſtärkeren Verkürzung des Deltoideus zuſammenfällt, verringern ſich zugleich die ungünſtigen Momente des Angriffswinkels, ſo daß hierdurch eine theilweiſe Compenſation bedingt wird. Auf ähnliche Art läßt ſich z. B. das Gleiche auf das Ellenbogengelenk anwenden. Die Angriffswinkel des Biceps und des Triceps ſpielen hier in entgegengeſetzten Verhältniſſen, ſo daß ſowohl die Beuger als die Strecker des Vorderarmes in Vortheil kommen, ſowie ſich der ihnen entgegenarbeitende Widerſtand vergrößert.

Der Weg, auf welchem die Muskeln und Sehnen wirken ſollen, iſt 779
im Allgemeinen durch die Urſprungs- und Befeſtigungsweiſe derſelben vorgeſchrieben. Allein bisweilen werden noch beſondere Einrichtungen erfordert, um dieſe Thätigkeiten in ſpecieller Weiſe zu leiten und dem Zuge Directionen, welche ſonſt nicht zu Stande kommen würden, zu verleihen. Sie vertreten dann die bei unſeren Maſchinen angebrachten Rollen oder Walzen, in welchen die angreifenden Stricke, Ketten u. dgl. laufen. Sieht man von der Reibung ab, ſo wird hierdurch die Kraft nicht verändert.

Die Natur aber ſchafft in unſerem Körper faſt nie Vorrichtungen, welche einzig und allein dieſe Beſtimmung haben, ſondern benutzt zu gleichem Zwecke andere, ohnedies vorhandene benachbarte Theile oder leicht herzuſtellende Vertiefungen. Die wichtigſten Apparate, welche in dieſer Hinſicht in Betracht kommen, ſind folgende.

1) Die Stellung der Muskelfaſern ſelbſt kann ſchon zum Theil die beabſichtigte Bahn der Kraftwirkung beſtimmen. Am deutlichſten ſehen wir dieſes an Muskeln mit langen Sehnen, wie z. B. denen des Vorderarmes und des Unterſchenkels, welche für die Bewegungen der Hand und des Fußes beſtimmt ſind. Der Längenzug bildet hier den Hauptzweck des contractilen Apparates. Da nun mehr Muskelfaſern angebracht werden mußten, als in der linearen Verlängerung der Sehne Platz haben konnten, ſo werden die ſeitlichen Faſern ſchief und mehr oder minder entgegengeſetzt geſtellt. Hierdurch heben ſie ſich für den ſeitlichen Zug mehr oder minder auf, während ſie auf die Längenbewegung nach Maaßgabe ihrer reellen Kräfte zu wirken im Stande ſind. Geht aber die Wirkung der Sehne in einer ſchiefen Direction fort, ſo verlaufen ſie entweder dieſer entſprechend, oder die eine geneigte Seitenparthie hat über der anderen ein entſprechendes Uebergewicht. Das erſtere ſehen wir z. B. bei dem Tibialis anticus, das letztere bei dem Gracilis.

2) Um das ſeitliche Ausweichen zu verhüten, laufen die Sehnen in knorpeligen Rinnen, in denen ſie wie in ihren Scheiden innerhalb einer Flüſſigkeit, einer Art von Synovia oder Ernährungsflüſſigkeit faſt ohne alle Reibung dahingleiten. Ausgezeichnete Leitungsfurchen der Art beſitzen z. B. die Strecker und Beuger der Finger und beſonders der Tibialis posticus, Peroneus longus u. dgl. Für den Tibialis posticus, den Extensor digitorum pedis communis und den Extensor hallucis longus functionirt das Ligamentum cruciatum als Widerſtandsgebilde, welche die regelrechte Wirkung der Sehnen der genannten Muskeln bedingt. Gewiſſermaßen gehören zum Theil die Haltbändchen, z. B. der Sehnen des oberflächlichen Fingerbeugers, ſofern ſie nicht bloß Scheiden von Blutgefäßen ſind, hierher.

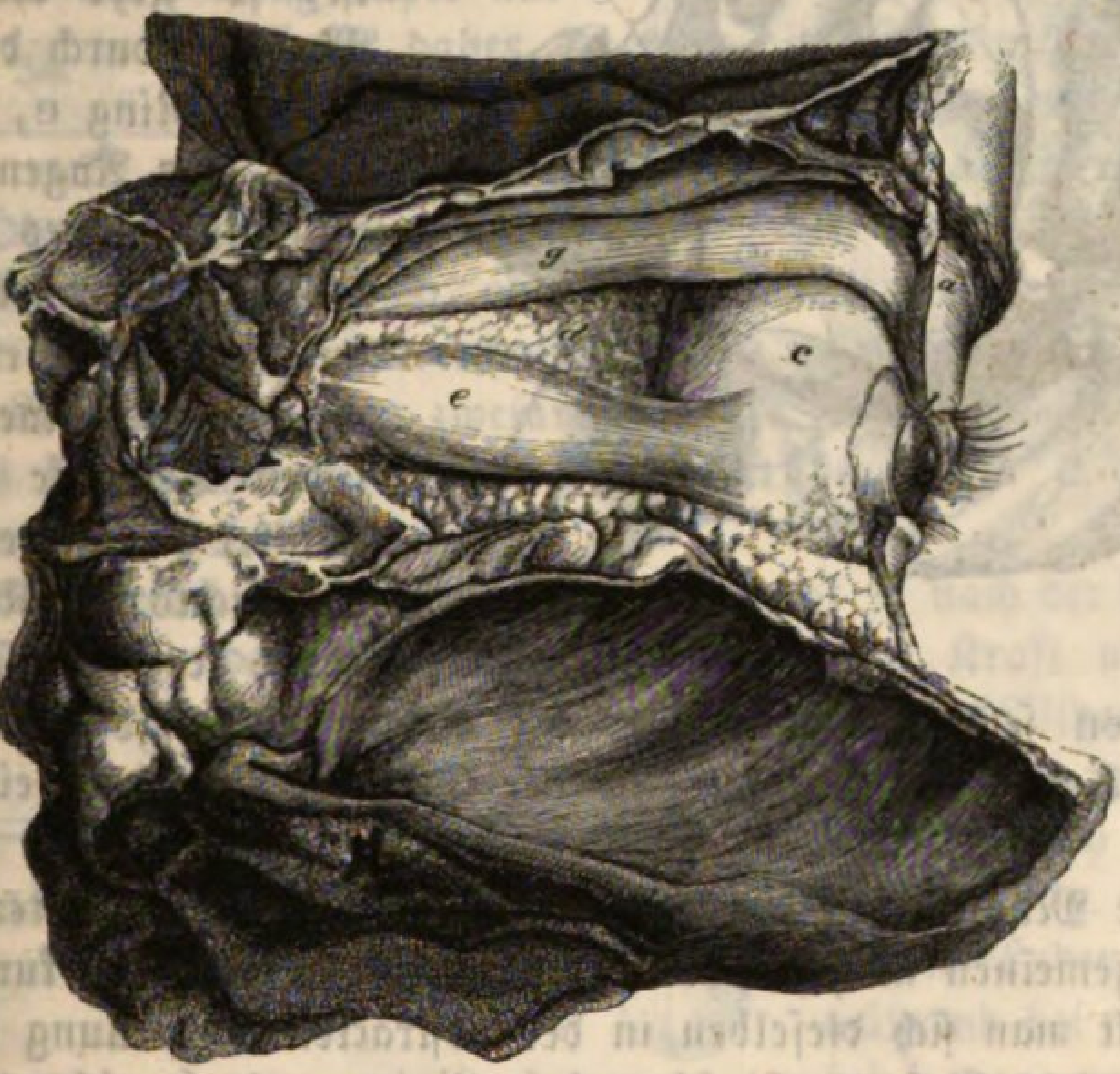
3) Der Muskel oder ſeine Sehne ſchlagen ſich um einen benachbarten Knochen oder Knochenvorſprung herum und erhalten hierdurch eine ganz andere, ja entgegengeſetzte Wirkungsweiſe, als wenn ihre Elemente gerade dahin gegangen wären. Ein deutliches Beiſpiel der Art giebt der Obturator internus. Wäre er nach ſeinem Austritte aus der unteren Beckenöffnung gerade fortgegangen, ſo hätte er ſich an die innere Fläche des Oberſchenkels anſetzen müſſen und den Fuß einfach nach innen ziehen oder dorthin rollen können. Indem er ſich aber um das Os schii herumbiegt, iſt er im Stande, ſich in der Fossa intertrochanterica anzuheften und den Schenkel nach außen zu drehen. Für ihn functionirt alſo das Sitzbein in der Geſtalt einer Rolle. Auch das Verhältniß des ſeinen Wirkungen nach gänzlich unbekannten [1]) Circumflexus

[1]) S. Th. v. Soemmerring Lehre von den Muskeln und Gefäßen des menſchlichen Körpers. Umgearbeitet von F. W. Theile. Abth. I. (Muskeln). Leipzig, 1841. 8. S. 72.

s. Tensor palati zu dem Hacken des Flügelfortſatzes gehört zum Theil hierher.

4) Ein benachbartes weicheres Organ übernimmt die Function einer Rolle. In dieſer Art erſcheint z. B. der Augapfel in Betreff des Obliquus inferior und vorzüglich des Levator palpebrae superioris. Stellen wir

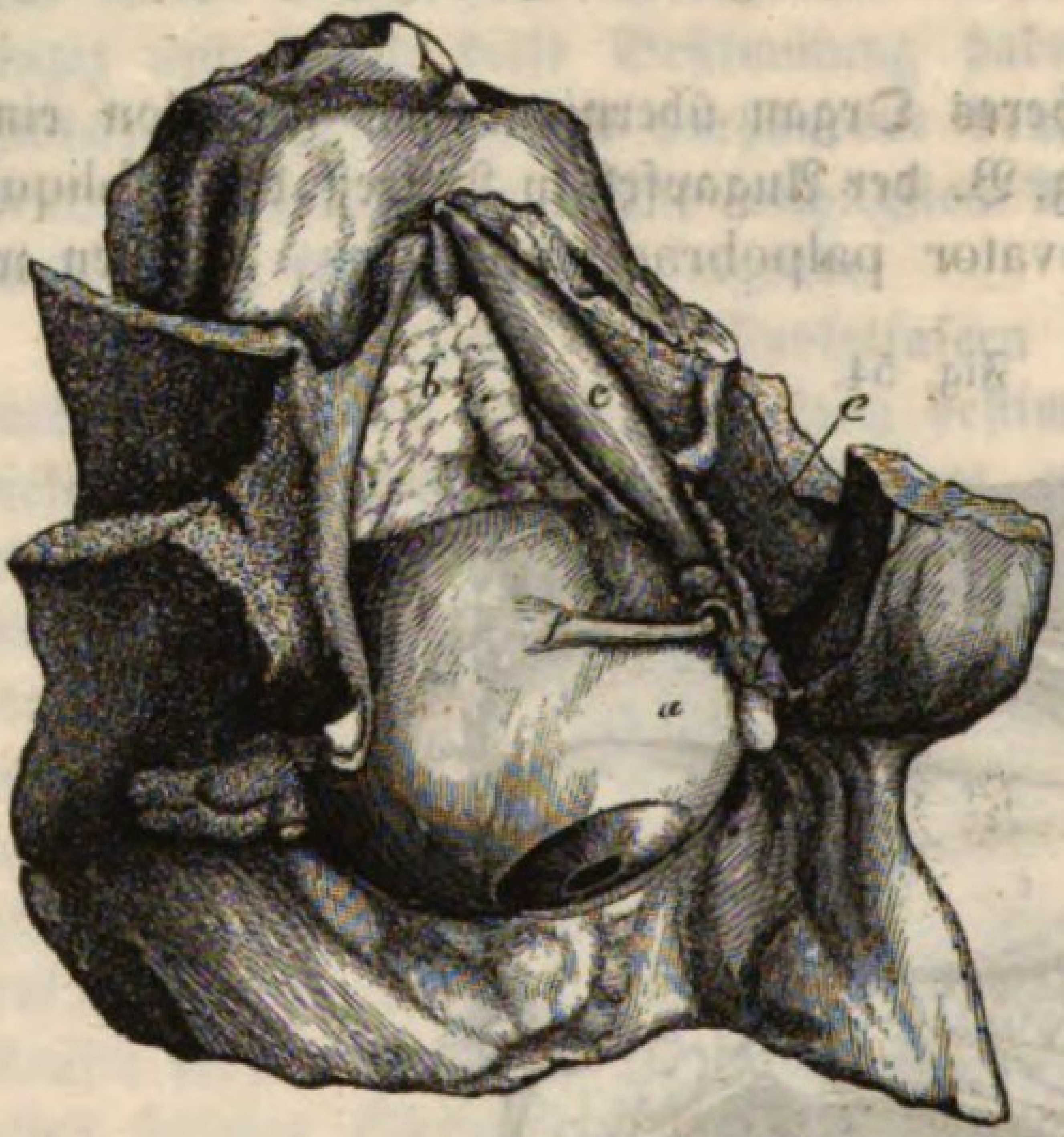
Fig. 54.



uns z. B. vor, ab ſei ein ſenkrechter Längendurchſchnitt des oberen Augenlides, c der Augapfel, d das Fettpolſter der Augenhöhle und e der Rectus internus, ſo hätte der im Grunde der Orbita bei f entſpringende Aufheber des oberen Augenlides g, wenn der Bulbus keine Hervorragung bildete, in der Richtung fb verlaufen müſſen, um ſich mit ſeiner Aponeuroſe an den Augenlidknorpel anzuheften. Er würde aber dann das obere Augenlid ab nicht emporheben, ſondern in der Richtung von b nach f in die Augenhöhle zurückgezogen haben. Indem er dagegen in der Richtung fgab über die gewölbte Oberfläche des Augapfels und das über dieſem liegende Fett verläuft und ſich daher vorn, um zu dem Augenlidknorpel zu gelangen, hinabſenkt, dient ihm der Bulbus als Leitungsrolle und befähigt ihn, das obere Augenlid in die Höhe zu ziehen. Endlich

5) conſtruirt die Natur nur ſehr ſelten eine eigene Leitungsſchlinge, der ſonſt keine andere Nebenthätigkeit zukommt. Einen Beleg für dieſen ausnahmsweiſen Fall haben wir an dem Obliquus superior (Fig. 55). Iſt a der Augapfel und b ein Theil des Fettpolſters, ſo verläuft der Bauch des oberen ſchiefen Augenmuskels c an dem oberen und inneren Winkel der Augenhöhle. Hätte ſich dieſem entſprechend ſeine Sehne bei d an den Augapfel angeheftet, ſo würde er nur nach Analogie der Recti gewirkt haben. Er ſoll aber ſeiner Beſtimmung nach die von oben und innen nach unten und außen gehende Achſe des Bulbus in dem letzteren Punkte angreifen

Fig. 55.



und dann nach oben drehen. Der Augapfel ſelbſt aber konnte, wie man leicht ſieht, eine ſolche Leitung nicht vermitteln. Da nun ſonſt kein disponibler Theil zu dieſem Zwecke vorhanden iſt, ſo geht die Sehne des Muskels durch den faſerknorpeligen Ring e, welcher zwiſchen dem Augenhöhlen- und Naſentheile des Stirnbeines befeſtigt iſt, durch und erhält auf dieſe Weiſe eine Richtung, welche mit ſeinem urſprünglichen Verlaufe einen ſpitzen Winkel cef bildet. Daß hierbei Nichts an Kraft verloren gehe, ergiebt ſich aus dem Früheren von ſelbſt. Damit aber bei e kein Reibungshinderniß entſtehe, gleitet die Sehne des Muskels in der Schlinge innerhalb einer Schleimſcheide.

780 Da die Muskeln an den Knochen wie an Hebeln arbeiten, ſo müſſen wir die allgemeinen mechaniſchen Verhältniſſe der letzteren kurz betrachten. Hierbei denkt man ſich dieſelben in der abſtracten Darſtellung der an ihnen zu beobachtenden Geſetze als ſchwerloſe Linien und bezeichnet ſie als mathematiſche Hebel. Solche finden ſich aber natürlich in der Wirklichkeit nicht. Denn hier haben alle ein gegebenes Gewicht. Sie bilden daher im Verhältniß zu den erſteren materielle Hebel. Die Reduction beider auf einander läßt ſich, wie wir bald ſehen werden, unter gewiſſen Vorausſetzungen leicht vornehmen.

781 Ein mathematiſcher Hebel kann dreierlei verſchiedene Geſtalten darbieten. Entweder bildet er eine grade oder krumme Linie, oder zwei oder mehrere Linien vereinigen ſich an einem ſeiner Punkte unter einem ſpitzen oder ſtumpfen Winkel. Im erſteren Falle heißt er ein grader, im zweiten ein krummer, im dritten endlich ein Winkelhebel. Mit dem Namen eines gelenkigen gebrochenen Hebels bezeichnet man diejenige Combination, in welcher noch eine oder mehrere Stellen deſſelben nicht continuirlich, ſondern gelenkig verbunden ſind.

Bei jedem Hebel derſelben kommen drei Momente in Betracht. 1) Um ſich bewegen zu können, muß er auf einem Punkte, welcher das unveränderliche Centrum darſtellt, ruhen; dieſer bildet den Ruhepunkt, Drehpunkt oder Stützpunkt (Hypomochlion). Iſt er kein gebrochener, ſo beſchreiben die Entfernungen der Endpunkte deſſelben von dem Drehpunkte oder deren gradlinigte Aequivalente als Radien Kreisbogen um den Drehpunkt. 2) Diejenige Stelle, an welcher die durch den Hebel zu bewegende Laſt angebracht iſt, heißt der Punkt der widerſtehenden Kraft, und dieſe der

Widerſtand. 3) Endlich nennt man den Ort, an welchem dem letzteren eine andere Thätigkeit entgegenarbeitet, den Angriffspunkt der Kraft. An dem mathematiſchen Hebel haben natürlich der Widerſtand oder die Laſt und Kraft die Natur von zwei gleichartigen, aber entgegengeſetzten Kräften. Beide werden hiernach zu bloß relativen Begriffen.

Der Stützpunkt eines Hebels kann an das eine Ende deſſelben a oder 782
b verlegt ſein. Es vermag daher nur a oder b zu kreiſen, und der Hebel heißt daher, da man die Entfernung des Angriffspunktes vom Drehpunkte mit dem Namen des Hebelarmes bezeichnet, ein einarmiger. Liegt dagegen das Hypomochlion zwiſchen a und b, bei c oder d, ſo bewegen ſich zwei Halbmeſſer ac und cb, oder ad und db um denſelben Mittelpunkt c oder d, und daher in concentriſchen, aber entgegengeſetzten Bogenabſchnitten. Wir haben einen zweiarmigen Hebel. Iſt ac = cb, ſo erſcheint er als ein gleicharmiger, bei der Unterſtützung in d dagegen als ein ungleicharmiger Hebel.

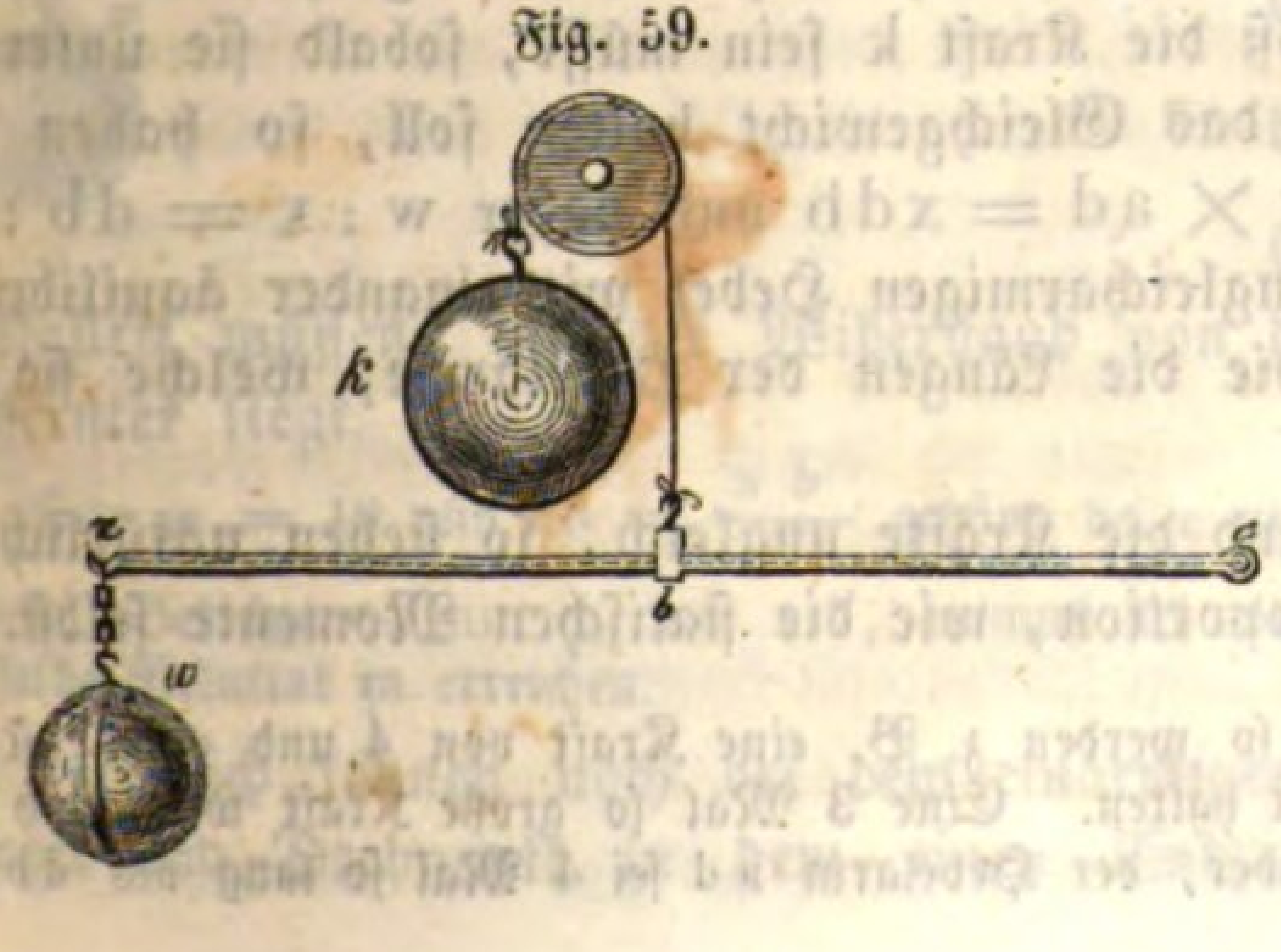
Fig. 56.

Man unterſcheidet in der praktiſchen Mechanik je nach der Verſchieden- 783
heit der Vertheilung des Unterſtützungspunktes, der Kraft und der Laſt oder des Widerſtandes drei Hauptarten von Hebeln. Befindet ſich der Drehpunkt c Fig. 57 zwiſchen beiden Enden a und b, während bei a die Laſt w, bei b dagegen die Kraft k angebracht iſt, ſo haben wir einen Hebel erſter Art oder erſter Ordnung Iſt die Unterſtützung an den einen Endpunkt c Fig. 58, die Kraft k an den andern und die Laſt w an eine Stelle zwiſchen beiden verlegt, ſo giebt dieſes einen Hebel zweiter Art. Findet endlich das Umgekehrte Statt, ſo daß bei dem Drehpunkte c an dem einen die Laſt w, an dem andern Ende die Kraft k im Verlaufe des Hebels angebracht iſt, ſo erzeugt dieſes einen ſolchen dritter Ordnung. Wir haben daher, wenn wir uns dieſe Verhältniſſe überſichtlich darſtellen:

Fig. 57.

Fig. 58.

Fig. 59.



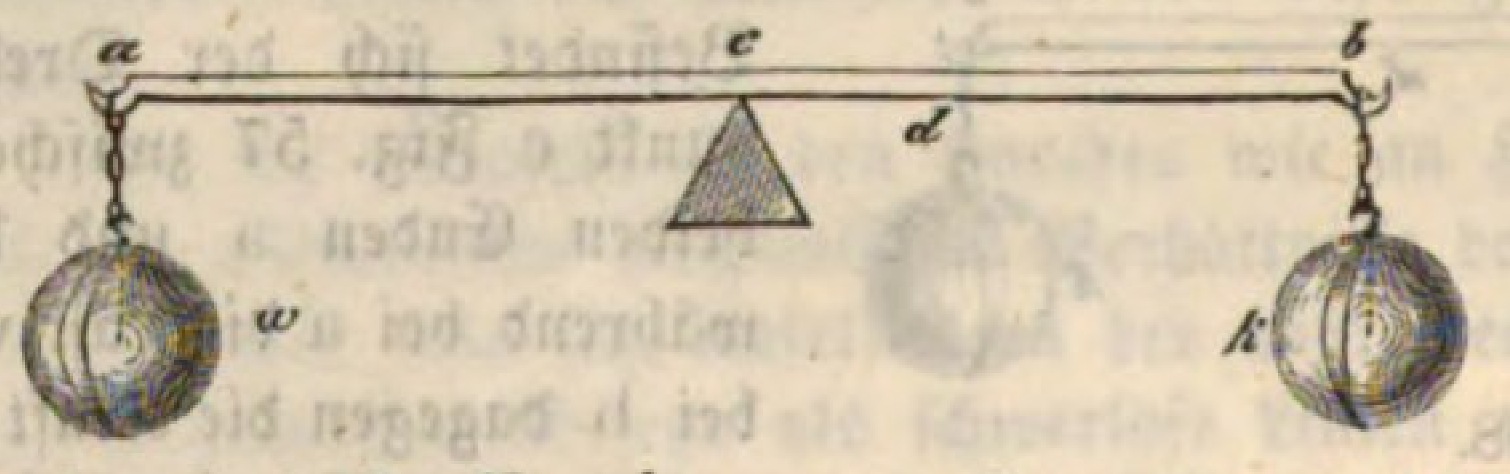
Hebel.	Endpunkte des Hebels.	Verlauf des Hebels.
Erſter Art	Kraft und Laſt	Drehpunkt.
Zweiter Art	Drehpunkt und Kraft	Laſt.
Dritter Art	Drehpunkt und Laſt	Kraft.

Da nun Kraft und Laſt bloß relativ verſchieden ſind, ſo bieten auch die Hebel zweiter und dritter Art keine Fundamentalunterſchiede dar. Beide reduciren ſich auf einarmige Hebel, die an ungleichen Punkten ihres Verlaufes angegriffen werden. Jeder Hebel erſter Art dagegen beſitzt zwei Arme, welche um den Drehpunkt in entgegengeſetzten Richtungen ſpielen.

Bei der Betrachtung der allgemeinen Hebelgeſetze wird immer angenommen, daß die Kräfte oder Kraft und Laſt die Ebenen des Hebels rechtwinklig angreifen. Wirken ſie daher in der That unter ſchiefen Winkeln, ſo müſſen die Kraftgrößen nach den früher angegebenen Normen zuvor auf rechtwinklige reducirt werden.

784 Allen hier zu betrachtenden Erſcheinungen der Hebelwirkung liegt das allgemeine Geſetz zum Grunde, daß nur dann Gleichgewicht herrſcht, wenn die ſtatiſchen Momente, d. h. die Producte der Kraftgrößen und der Längen der entſprechenden Hebelarme einander gleich ſind. Wenn alſo auf den Hebel ab, der in c ſeinen Drehpunkt hat, bei b die Kraft k und bei a die Laſt w wirkt, ſo wird Gleichgewicht eintreten, ſobald $w \times ac = k \times cb$. Iſt nun der Hebel gleicharmig, ſo daß alſo $cb = ac$, ſo werden gleiche, aber entgegengeſetzte in a und b angebrachte Gewichte äquilibriren. Wird in dieſem Falle m xmal ſo groß als n, ſo wird ſich auch die Kraftwirkung von m xmal verſtärken.

Fig. 60.



Anders dagegen wird ſich die Sache bei dem ungleicharmigen Hebel verhalten. Geſetzt, ab habe ſeinen Drehpunkt bei d, ſo daß ad größer iſt als db, ſo wird kein Gleichgewicht herrſchen können, wenn ſelbſt die Kräfte w und k gleich und entgegengeſetzt ſind. Denn einerſeits haben wir ein ſtatiſches Moment $k \times db$ und anderſeits ein ſolches $w \times ad$. Da nun $k = w$ und $ad > db$, ſo muß auch $w \times ad$ größer als $k \times db$ ſein. Suchen wir, wie groß die Kraft k ſein müſſe, ſobald ſie unter den genannten Verhältniſſen w das Gleichgewicht halten ſoll, ſo haben wir, wenn wir $k = x$ ſetzen, $w \times ad = x db$ und daher $w : x = db : ad$, d. h. Kräfte, welche am ungleicharmigen Hebel mit einander äquilibriren, verhalten ſich umgekehrt wie die Längen der Hebelarme, welche ſie angreifen.

Sind die Hebelarme und die Kräfte ungleich, ſo ſtehen natürlich die Wirkungen in derſelben Proportion, wie die ſtatiſchen Momente ſelbſt.

Iſt der Hebel gleicharmig, ſo werden z. B. eine Kraft von 4 und eine Laſt von 4 mit einander das Gleichgewicht halten. Eine 3 Mal ſo große Kraft wird auch drei Mal ſo ſtark wirken. Geſetzt aber, der Hebelarm ad ſei 4 Mal ſo lang als db, ſo

werden bei b 16 nothwendig ſein, wenn bei a 4 Einheiten Laſt angebracht ſind, weil $1 : 4 = 4 : 16$ und $4 \times 4 = 16 \times 1$ iſt. Arbeiten unter den eben angenommenen Hebellängen bei a 8 und bei d 2 Einheiten, ſo verhalten ſich die Wirkungen $= 8 \times 4 : 2 \times 1 = 16 : 1$.

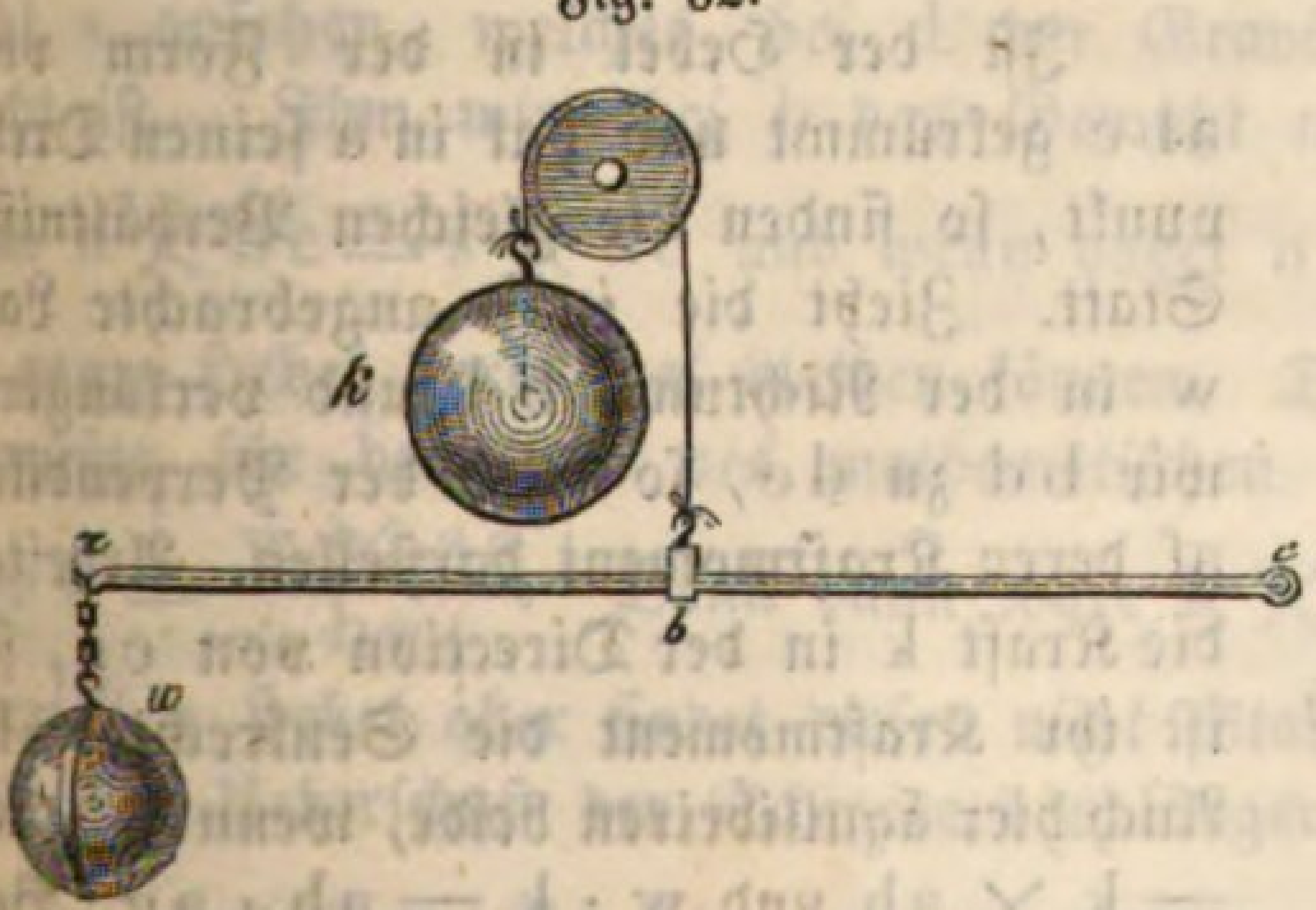
Bei dem einarmigen Hebel bilden natürlich die Diſtanzen der Kräfte 785
von dem Drehpunkte die idealen Hebelarme. Haben wir einen Hebel zweiter Art, der bei c ſeinen Drehpunkt, bei b ſeine Laſt w und bei a ſeine Kraft k hat, ſo beträgt die Länge des Hebelarmes für w die Diſtanz cb und für k die Entfernung ab. Mithin gleicht das mechaniſche Moment der Laſt $w \times cb$ und das der Kraft $k \times ab$. Da nun ab größer als cb iſt, ſo braucht die Kraft k um ſo kleiner zu ſein, je länger ac oder ihre Entfernung von der Laſt ausfällt, d. h. bei dem Hebel zweiter Art wird an Kraft auf Koſten der Länge des Hebelarmes geſpart. Soll die Kraft k die Laſt w aufzuheben im Stande ſein, ſo braucht ſie nur $w \times \frac{cb}{ab}$ auszumachen. Denn dann haben wir $w \times \frac{cb}{ab} : w = cb : ab$.

Fig. 61.

Iſt z. B. $w = 10$ und liegt c im Mittelpunkte von ab, ſo braucht k nur 5 zu gleichen, um w emporzuheben. Verhält ſich dagegen $cb : ca = 1 : 5$, ſo wird eine Kraft von 2 denſelben Effect bedingen.

Bei dem Hebel dritter 786
Ordnung endlich muß das Umgekehrte Statt finden. Liegt hier die Laſt w am Ende a, die Kraft k dagegen in der Mitte b, ſo hat die letztere den kürzeren Hebelarm cb und die erſtere den längeren ac. Es wird daher, um w zu heben, die Kraft $k = \frac{w \times ac}{cb}$ ſein, d. h. um ſo viel größer ausfallen müſſen, als der Widerſtand von dem Angriffspunkte der aſt entfernter liegt.

Fig. 62.



Für $w = 10$ und $cb = \frac{ab}{2}$ gehört bei c eine Kraft von 20, um die Laſt zu heben. Beträgt cb nur $\frac{1}{5}$ von ab, ſo muß ſich die Kraftgröße auf 50 ſteigern um daſſelbe Reſultat zu erreichen.

Endlich können noch bei dem einarmigen Hebel Kraft und Laſt oder 787
Kraft und Drehpunkt in dem einen Endpunkte zuſammenliegen. Im

erſteren Falle wird die Wirkung des Hebels gleich Null ſein, weil er in gleicher Größe bei beiderlei ſtatiſchen Momenten wiederkehrt. Im zweiten dagegen würde ſich die Laſt, wenn ſie als mathematiſcher Punkt mit dem drehenden Endpunkte zuſammenfiele, gar nicht rotiren können, und ebenſo wäre die Kraft nicht im Stande, eine Excurſion der Laſt zu bewirken. Da aber die Träger der Kräfte und Laſten materielle Größen ſind, mithin über den Drehpunkt hinausgehen, ſo reducirt ſich dann das Ganze auf den Fall, daß die Laſt von dem Hypomochlion möglichſt entfernt, die Kraft möglichſt nahe oder umgekehrt liegt.

Jeder winklige oder krummlinigte ſtarre Hebel kann in ſeinen ſtatiſchen
788 Momenten beſtimmt werden, ſobald wir nur die reellen Kräfte oder die Kraftmomente der Einwirkungen ermitteln. Wählen wir als Paradigmen die nicht ganz einfachen Fälle, welche auf einzelne Gelenke unſeres Körpers ihre Anwendung finden. abc ſei ein Winkelhebel, welcher in a ſeinen Drehpunkt hat und in b von einer Laſt w in der Richtung bd unter dem Angriffswinkel abd gezogen wird. Eine Kraft k arbeitet an dem Punkte c in der Richtung ce. Ziehen wir von a auf bd die Senkrechte af, ſo bildet dieſes das Kraftmoment der Laſt w. Machen wir ferner ag von a aus perpendiculär auf ce, ſo iſt ag das Kraftmoment von k. Es wird daher Gleichgewicht herrſchen, wenn $w \times af = k \times ag$ iſt, oder wenn ſich $w : k = ag : af$ verhält.

Fig. 63.

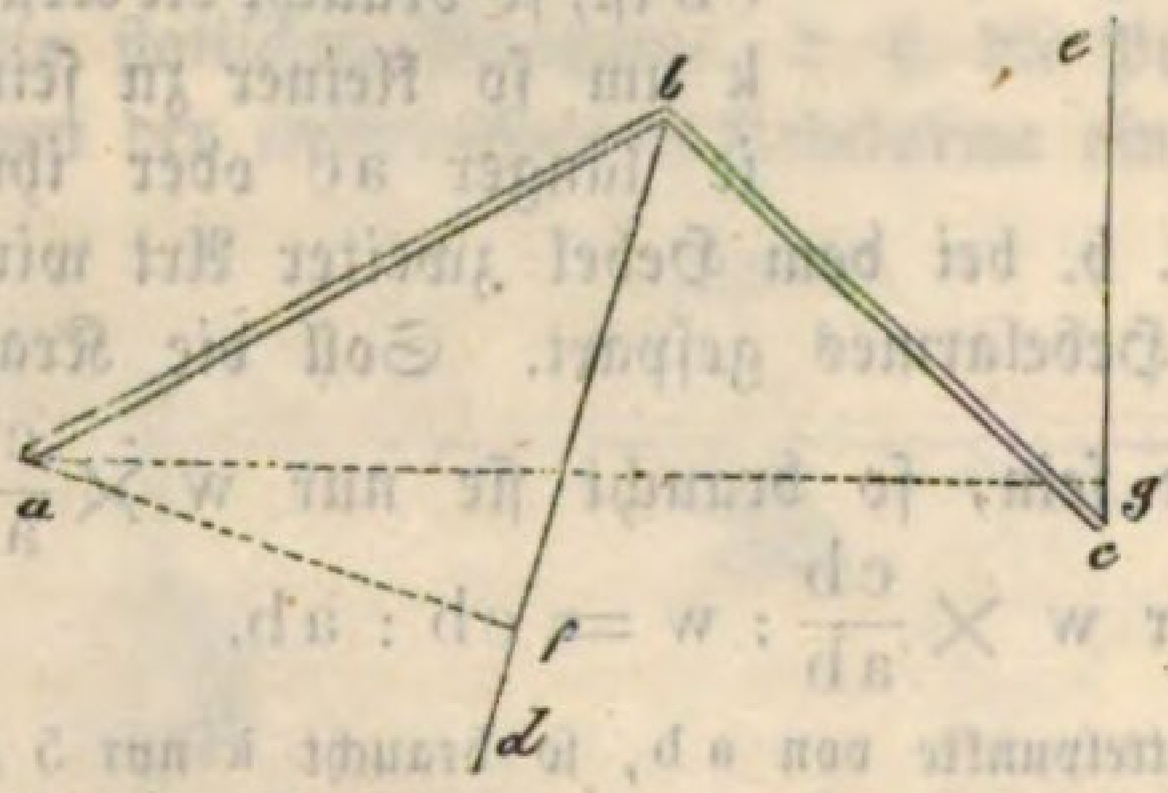
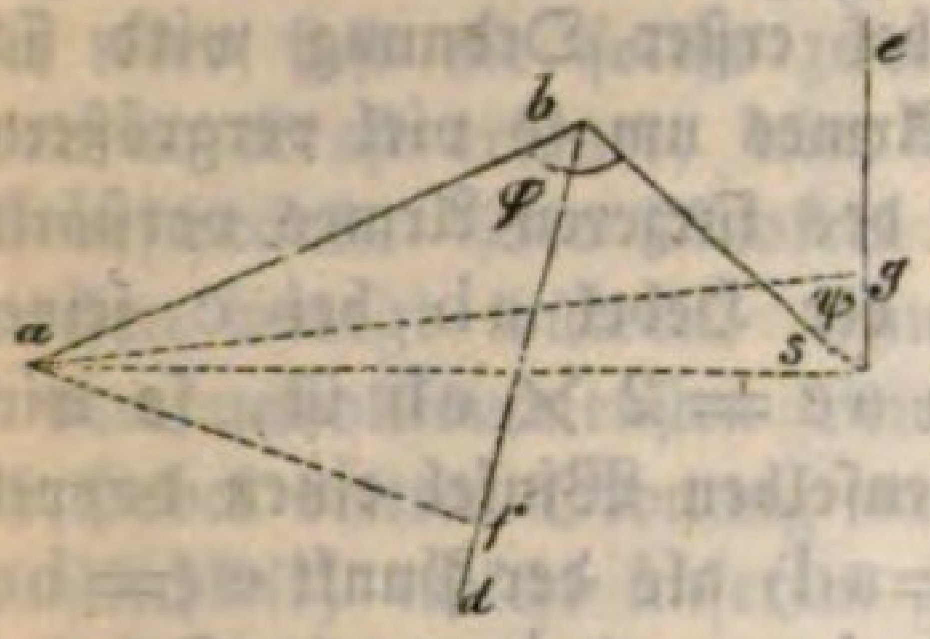


Fig. 64.

Iſt der Hebel in der Form von abc gekrümmt und hat in a ſeinen Drehpunkt, ſo finden die gleichen Verhältniſſe Statt. Zieht die in b angebrachte Laſt w in der Richtung bd und verlängern wir bd zu de, ſo wird der Perpendikel af deren Kraftmoment darſtellen. Arbeitet die Kraft k in der Direction von cg, ſo iſt ihr Kraftmoment die Senkrechte ah. Auch hier äquilibriren beide, wenn $w \times af = k \times ah$ und $w : k = ah : ag$. Bei winkligen und krummlinigten Hebeln verhalten ſich die Kräfte ebenfalls umgekehrt wie die durch ihre Angriffswinkel zum Theil beſtimmten Hebellängen ihrer Kraftmomente.

Was die genauere Berechnung dieſer Verhältniſſe betrifft, ſo iſt das Laſtmoment $af = \frac{ab \sin . abf}{\sin . tot.}$ Das der Kraft c dagegen ag bildet eine Function von vier beſtimmenden Größen, nämlich der Länge der beiden Hebelarme ab und bc, des Winkels abc

Fig. 65.



$= \varphi$, unter welchem ſie zuſammenſtoßen, und des Angriffswinkels bce $= \psi$. Denn ziehen wir ac, ſo haben wir in dem Dreiecke abc die Seite ac $= \sqrt{\frac{[2ab \times 2ac \times \sin.^2 \frac{1}{2}\varphi}{\sin.^2 \text{tot.}} + (ab - bc)^2]}$. Gleicht dann $\frac{ab + bc + ac}{2} = m$, ſo iſt $\cos. \frac{1}{2}\zeta = \sqrt{\left(\frac{\sin.^2 \text{tot.} \times m\,(m - ab)}{bc \times ac}\right)}$. Wir kennen daher in dem rechtwinkeligen Dreiecke agc die Hypothenuſe ac und den Winkel agc $= \zeta + \psi$. Es iſt mithin ag $= \frac{ac \sin. (\zeta + \psi)}{\sin. \text{tot.}}$.

Wir haben bis jetzt nur die Hebel als mathematiſche Linien betrachtet. 789
Um aber materielle Hebel auf ſolche zu reduciren, brauchen wir uns nur zu erinnern, daß das Gewicht eines jeden Körpers in ſeinem Schwerpunkte concentrirt iſt und daß wir ihn uns daher als einen mathematiſchen Hebel denken können, welcher an der Stelle des Schwerpunktes mit einem der Schwere des Körpers gleichen und in der Gravitationslinie aufgehängten Gewichte belaſtet iſt. Nehmen wir z. B. an, ab ſei ein Hebel erſter Art, der bei c ſeinen Drehpunkt beſitzt und deſſen Schwerpunkt in d liegt, ſo reduciren wir ihn auf einen mathematiſchen Hebel, wenn wir ſeine Eigenſchwere bei der Berechnung als ein Gewicht s anſehen, welches bei d der Gravitationsrichtung gemäß angebracht iſt. Ihm wird bei b das Gewicht n das Gleichgewicht halten, wenn $n \times bc = s \times dc$ und wenn daher $n = \frac{s \times dc}{bc}$ iſt. Dann muß der ganze Hebel horizontal bleiben können. Drückt nun bei a eine Laſt w, ſo müßte für den Fall des mathematiſchen Hebels Aequiliber eintreten, wenn $k = \frac{w \times ac}{bc}$. Denn dann wäre $k \times bc = w \times ac$. An dem materiellen Hebel aber findet dieſes nicht Statt, denn hier muß noch die Kraft den Ueberſchuß der Schwere des längeren Hebelarmes über die des kürzeren aufheben. Es wird eine Totalkraft $= \frac{w \times ac}{bc} + \frac{s \times dc}{bc}$ erfordert. Wäre aber z. B. ab ein Hebel dritter Art, der in b ſeinen Drehpunkt, in c ſeine Kraft k und in a ſeine Laſt w beſäße, und läge der Schwerpunkt in d, ſo wird er die Kraft k mit dem entſprechenden Theile ſeines Gewichtes unterſtützen. Dieſe brauchte dann nur $\frac{w \times ab}{cb} - \frac{s \times db}{ab}$ zu gleichen.

Fig. 66.

Um nun dieſe Hebelgeſetze auf die Verhältniſſe unſerer Körpertheile 790

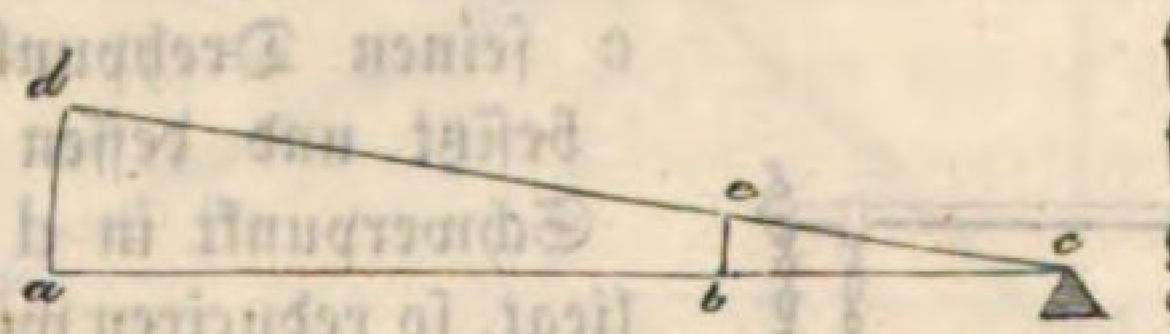
anzuwenden, müſſen wir noch unterſuchen, wie ſich die Excurſionsgröße der bewegten Laſt unter den verſchiedenen Verhältniſſen zu der nothwendigen Qualität von Kraft verhält. An dem Hebel erſter Ordnung wird ſich die Bewegung des Endpunktes des längeren Armes um ſo viel vergrößern, als ſich ſein Kraftwerth verkleinert oder die des kürzeren Armes verſtärkt.

Fig. 67.

Denn wenn z. B. der Hebel ab bei c ſeinen Drehpunkt hat und ac = 2 × cb iſt, ſo wird der Punkt a für denſelben Winkel einen doppelt ſo großen Bogen (= ad) als der Punkt e (= be) beſchreiben, weil ſich dca und bce als Scheitelwinkel gleichen, der Halbmeſſer ac aber doppelt ſo groß als cb iſt. Bei b muß die zwiefache Kraft der Laſt, welche bei a liegt, angebracht werden. Daſſelbe gilt für alle gebogenen oder winkeligten ſtarren Hebel erſter Art.

Die Hebel zweiter und dritter Ordnung werden ſich in dieſer Beziehung unter einander entgegengeſetzt verhalten. Hat z. B. ab ſeinen Drehpunkt bei c, ſeine Laſt bei b und ſeine Kraft bei a, und iſt ab = 2 × bc, ſo muß die Kraft noch ein Mal ſo ſtark ſein, wenn ſie der Laſt das Gleichgewicht halten ſoll. Für denſelben Winkel acd beſchreibt aber jene den doppelt ſo großen Bogen ad als dieſe, welche nur die Excurſionsgröße be hat. Iſt dagegen der Hebel ein ſolcher dritter Art, ſo daß in a die Laſt und in b die Kraft angebracht iſt, ſo findet das Umgekehrte Statt. Es folgt mithin im Allgemeinen

Fig. 68.



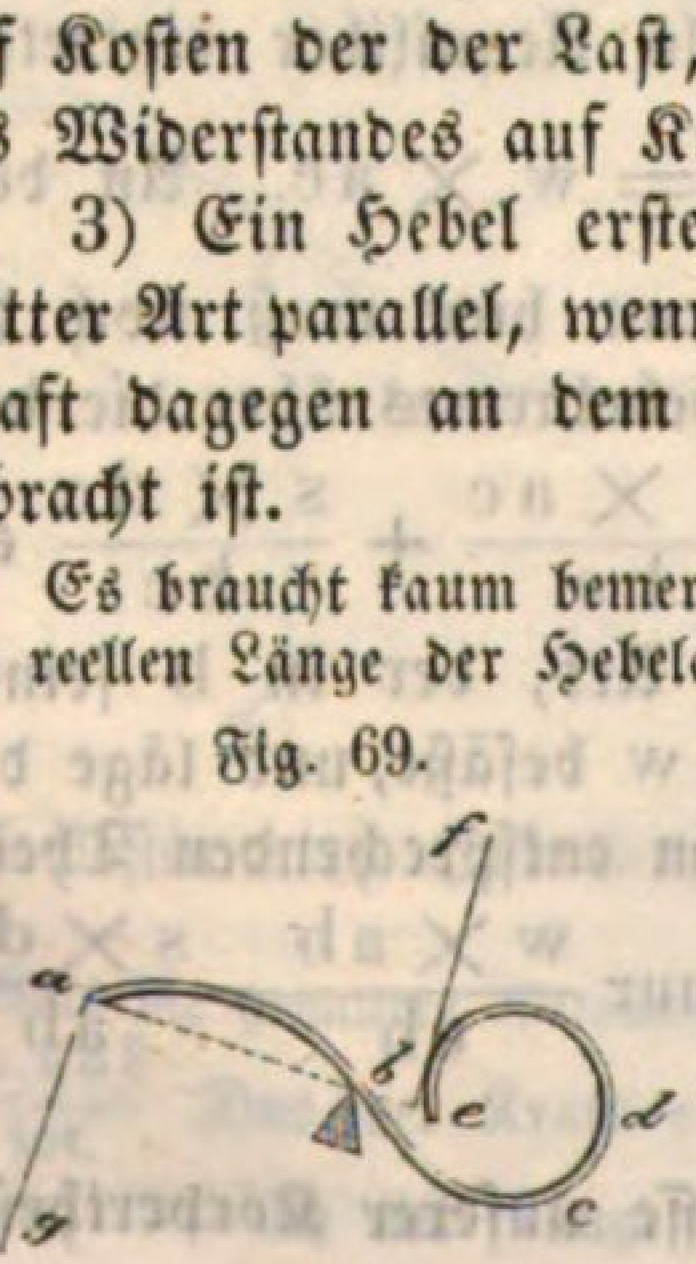
1) daß bei dem graden oder winkeligen oder krummlinigten Hebelarme die an dem Ende des längeren Hebelarmes angebrachte Kraft ihre Excurſion auf Koſten der am kürzeren Hebelarme arbeitenden um ſo viel vergrößert, als ihr Kraftmoment größer iſt als dasjenige, welches der Wirkung des kleineren Hebelarmes entſpricht.

2) Bei den Hebeln zweiter Ordnung iſt die Excurſionsgröße der Kraft auf Koſten der der Laſt, bei dem dritter dagegen das Bewegungsquantum des Widerſtandes auf Koſten der Kraftgröße erhöht.

3) Ein Hebel erſter Ordnung ſteht in dieſer Hinſicht einem ſolchen dritter Art parallel, wenn ſeine Laſt an dem Endpunkte des längeren, ſeine Kraft dagegen an dem des kürzeren wahrhaft wirkenden Hebelarmes angebracht iſt.

Es braucht kaum bemerkt zu werden, daß wir nie bei krummlinigten Hebeln nach der reellen Länge der Hebelarme, ſondern nach deren Kraftmomenten urtheilen müſſen.

Fig. 69.



Hätte z. B. der Hebel die Form abcde und läge in b ſein Drehpunkt, während die Laſt in a in der Richtung ag, die Kraft dagegen in e in der Direction ef angreift, ſo wäre zwar ab kürzer als bcde. Allein der Kraftmoment von ab wäre der Perpendikel ab und des von bcde die Senkrechte be. In Wahrheit läge daher der kürzere Hebelarm an der Seite des längeren gekrümmten Stückes bcde.

Nach dieſen Prämiſſen können wir ſchon im Voraus beſtimmen, welche 791
Hebelarten die Natur vorzugsweiſe in unſerem Körper gebrauchen dürfte. Sie wird faſt nie ſolche zweiter Ordnung herſtellen, denn hierbei wäre zwar an Kraft erſpart, aber dafür die Bewegungsgröße der Laſt weſentlich beſchränkt. Die Muskeln müßten ſich dann mehr verkürzen, als die Knochen bewegt würden. Eine ſolche Einrichtung hätte den Organismus zu dem unvollkommenſten Bewegungsapparate geſtempelt. Dadurch aber, daß Hebel dritter Ordnung meiſtentheils vorherrſchen, beurkundet ſich die Künſtlichkeit, welche unſerem ganzen Körperbaue zum Grunde liegt. Indem den Muskeln, wie wir bei den numeriſchen Verhältniſſen ſehen werden, ungemein große Kraftwirkungen durch ihre Contractilität zu Gebote ſtehen, ſind ſie im Stande, als Hebel dritter Art zu arbeiten und auf dieſe Weiſe bedeutende Excurſionen der bewegten Theile hervorzurufen. Nehmen wir z. B. an, ab ſei die Länge der ſenkrecht herabhängenden oberen Extremität, c der Anſatz des Deltoideus, und es verhalte ſich ac : ab = 1 : 6,5, ſo wird zwar jener Muskel $6\frac{1}{2}$ Mal ſo viel Kraft brauchen, als wenn ſein Angriffspunkt unmittelbar bei b an den Fingerſpitzen angebracht wäre. Iſt er aber im Stande, durch ſeine Zuſammenziehung den Winkel caf oder cag zu beſchreiben, ſo bewegt er ſich nur in dem Bogen cf oder cg, führt dagegen die Finger in dem $6\frac{1}{2}$ Mal ſo großen Kreisabſchnitte db oder be hin und her. Bei der Beweglichkeit der Gelenke des Ellenbogens, der Hand und der Finger konnte ſeine Sehne nicht bis zu b hinabgeführt werden, weil ſie ſonſt nicht die ganze Extremität von dem Körper abducirt, ſondern dieſelbe in den genannten Gelenken gebogen haben würde. Sollte daher eine bedeutendere Excurſionsgröße zu Stande kommen, ſo war dieſes nur auf Koſten der Kraft einzurichten. Aus demſelben Grunde heftet ſich z. B. der Biceps brachii mit ſeiner Hauptſehne an die Tuberositas radii, der Brachialis internus an den Processus coronoideus und die Tuberositas ulnae, der Triceps an das Olecranon, der Psoas major und der Iliacus internus an den kleineren, der Glutaeus medius und minimus an den größeren Rollhügel, das Knieſcheibenband an die Tuberositas tibiae u. dgl. Ueberhaupt gilt mit wenigen in ihren Urſachen leicht zu erkennenden Ausnahmen das Geſetz, daß ſich die Sehnen ſo nahe als irgend möglich der Drehachſe oder dem Drehpunkte anfügen, von der Laſt dagegen in größeren Weiten entfernt bleiben.

Fig. 70.

Indem aber die Natur dieſen für die Ausdehnung unſerer Bewegun- 792
gen ſo erſprießlichen Grundſatz meiſtentheils befolgte, berückſichtigte ſie dennoch die Größe der gegebenen Muskelkraft und modificirte hiernach den Abſtand des Angriffspunktes der Kraft von dem der Laſt. Der Deltoideus eines ſehr ſtarken Mannes, welcher ſich erſchoſſen hatte, wog [1]) mit

[1]) Die ſämmtlichen Gewichte der Muskeln dieſes Leichnams wurden von Theile behufs

ſeiner Sehne auf der rechten Seite 448,05 Grm., auf der linken 443,77 Grm., alſo durchſchnittlich 445,91 Grm. Die drei linken Glutaei hatten im Ganzen, nachdem jeder von ihnen für ſich beſtimmt worden, ein Gewicht von 1309,01 Grm., alſo beinahe drei Mal ſo viel als der Deltoideus, welcher in ähnlicher Weiſe auf die obere, wie ſie auf die untere Extremität, wirkt. Da nun aber dieſe nicht drei Mal ſo ſchwer als jene iſt und die Längenunterſchiede dieſe Abweichungen nicht ausgleichen, ſo erklärt ſich hieraus, weshalb der Deltoideus bis zu dem oberſten Dritttheile des Oberarmes hinabreicht, die Glutaei dagegen ſchon in der Nähe des großen Rollhügels, alſo entfernter vom Laſtpunkte angreifen. Aus demſelben Grunde ſind die Muskeln des Oberarmes und des Oberſchenkels größer als die des Vorderarmes und Unterſchenkels und die letzteren bedeutender als die der Hand und des Fußes.

793 An Organen, welche keine großen Bewegungsexcurſionen zu machen haben, werden die Hebel dritter Ordnung gleichſam auf ihr Minimum reducirt, d. h. der Angriffspunkt der Kraft und der der Laſt mit oder ohne den Drehpunkt fallen ſehr nahe zuſammen. Dieſes ſehen wir z. B. zum Theil an den kleineren Kehlkopfmuskeln, an den Faſern des Lingualis, an denjenigen der Geſichtsmuskeln, welche in die Haut ausſtrahlen. An der Muskelhaut des Nahrungsſchlauches endlich dient die Kraft der ſich zuſammenziehenden Muskelfaſern als Druckwirkung, welche ſich der Schleimhaut und den auf ihr liegenden Gebilden mittheilt. Indem aber die Preſſion in der Circumferenz allſeitig erfolgt, ſchiebt ſie den Inhalt des Schlauches in die Längenrichtung fort.

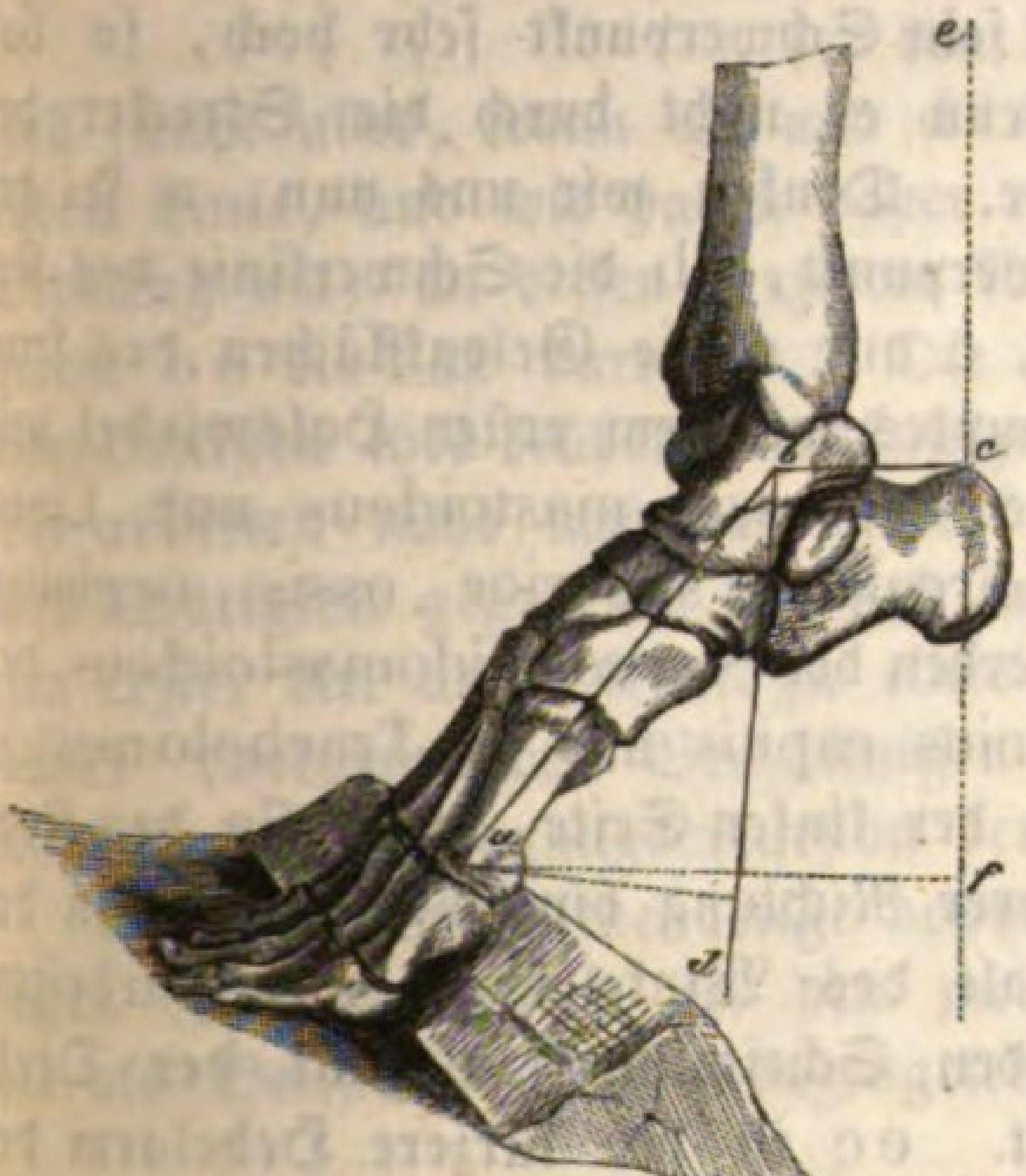
794 Ihren Principien getreu wird die Natur einen Hebel zweiter Ordnung, d. h. einen ſolchen, wo die Kraft an dem einen, der Drehpunkt an dem anderen Ende, und die Laſt zwiſchen beiden angebracht iſt, nur da herſtellen, wo beſonders große Laſten durch verhältnißmäßig nicht ſehr bedeutende Muskeln gehoben werden ſollen, die Nothwendigkeit ſehr ſtarker Excurſionen der erſteren aber hinwegfällt. Am deutlichſten ſehen wir dieſes am Fuße. Man betrachtet zwar dieſen im Allgemeinen in ſeinem Verhältniſſe zum Unterſchenkel als einen doppelarmigen Hebel, deſſen kurzen Arm der Calcaneus und deſſen längeren der mittlere und vordere Theil des Fußes bildet. Allein einen ſolchen ſtellt er nur, wie wir bald ſehen werden, in einzelnen ſelteneren Fällen, nicht aber bei dem Stehen und dem Emporheben der Ferſe dar. Berührt er den Boden bei aufrechter Körperſtellung ſeiner ganzen Länge nach, ſo haben wir nur einen einarmigen Winkelhebel abc (Fig. 71), welcher bald zwiſchen Metatarsus und Zehen bei a ſeinen Drehpunkt finden wird. Ueber dem Scheitel ſeines Winkels ruht die halbe oder ganze Körperlaſt (je nachdem wir auf zwei Füßen oder nur auf einem mit etwas zurückgeneigtem Oberkörper ſtehen), und zwar in der Richtung bd, welche der Gravitationslinie entſpricht. Griffe z. B. im erſten Mo-

---

anderer Unterſuchungen beſtimmt. Die mir mitgetheilten in Granen gemachten Angaben habe ich der Gleichförmigkeit mit dem Folgenden wegen auf Grammen reducirt.

Fig. 71.

Fig. 72.



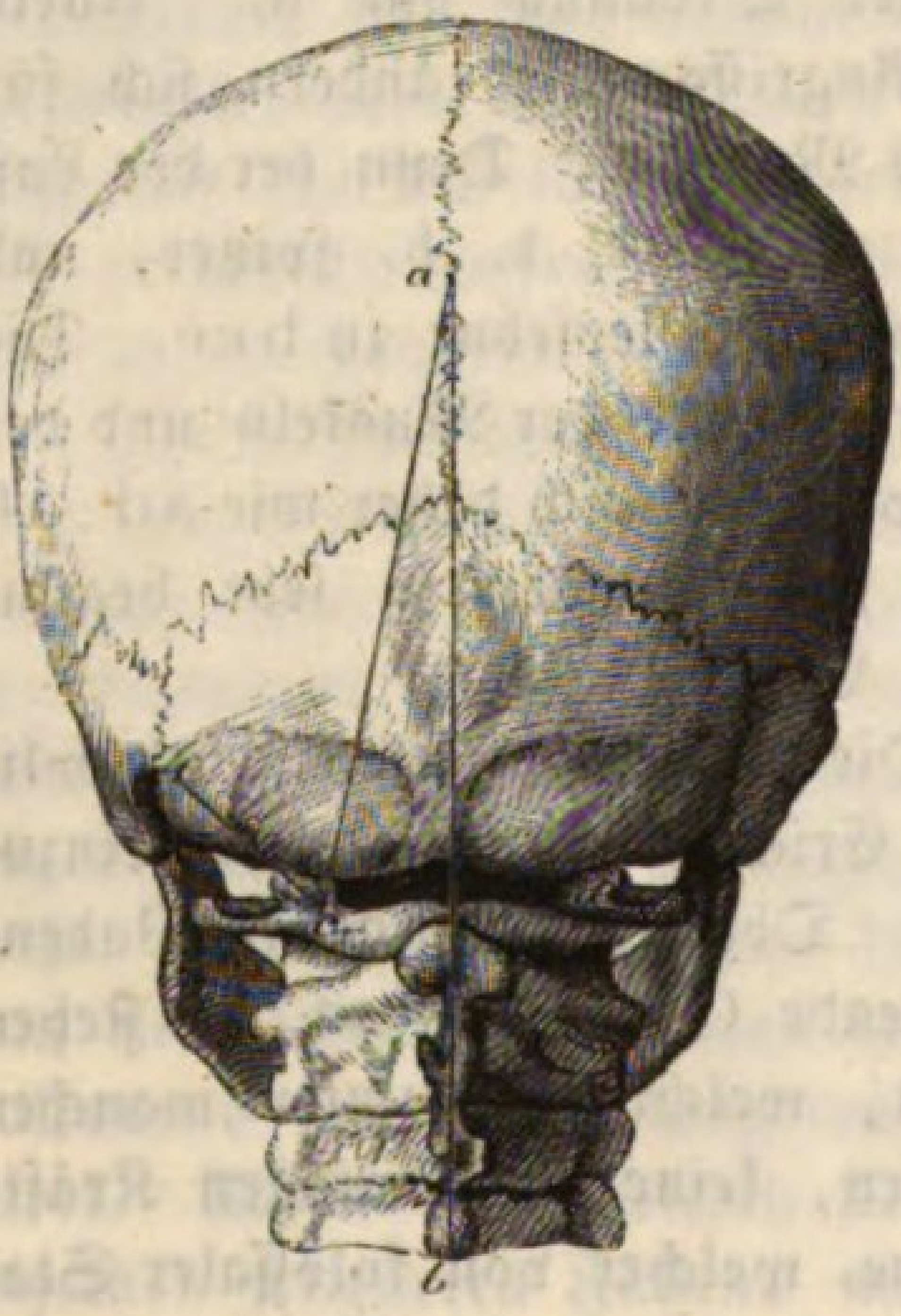
mente die Achillesſehne als Kraft in der Direction ce, alſo unter dem Winkel bce an, ſo wäre das Kraftmoment der Gastrocnemii und des Soleus und Plantaris die Linie af. Sind aber ec und bd parallel, ſo iſt das Kraftmoment der Laſt gleich ag. Mithin verhält ſich die Wirkung der Muskeln zu der der Körperlaſt wie af : ag, d. h. die erſteren ſind hier ausnahmsweiſe im Vortheil. Heben wir nun aber die Ferſe in die Höhe und corrigiren die Verhältniſſe durch Zurückbiegung des Oberkörpers dergeſtalt, daß unſere Schwerlinie noch immer durch das Gelenk zwiſchen Schienbein und Sprungbein ſenkrecht in bd hinabgeht, ſo dreht ſich der Winkelhebel zweiter Ordnung um a. Allein die Angriffswinkel ändern ſich für dieſes Moment. Denn der der Laſt wird zu abd, d. h. ſpitzer, und der der Achillesſehne zu bce. Die Kraftmomente der Muskeln und der Laſt verhalten ſich daher wie ad : af, d. h. jene kommen in ſehr begünſtigte Verhältniſſe.

Die Urſache dieſer eigenthümlichen Erſcheinung iſt leicht einzuſehen. Obgleich nämlich die Wadenmuskeln an und für ſich eine nicht unbedeutende Größe beſitzen, ſo ſtehen ihnen dennoch im Verhältniß zu den Laſten, welchen ſie unter manchen Bedingungen das Gleichgewicht halten müſſen, keine übermäßigen Kräfte zu Gebote. Bei dem oben erwähnten Manne, welcher von koloſſaler Statur und 34 Jahr alt war, wogen auf der linken Seite die Gastrocnemii 460,47 Grm., der Soleus 422,59 Grm. und der Plantaris 13,84 Grm. Wir haben mithin für alle Muskeln, welche an dem Ferſenbeine ziehen können, 896,90 Grm., d. h. noch nicht doppelt ſo viel als der Deltoideus und ungefähr 2/3 ſo viel als die Glutaei. Dabei laufen die in keiner übermäßigen Menge vorhandenen Faſern der Gastrocnemii, des Soleus und des Plantaris eben ſo gut, als die des Deltoideus und der Glutaei, mehr oder minder ſchief. Nehmen wir nun an, daß jenes Individuum auch nur 70 Kilogr. wog — ein Werth, der bei der koloſſalen Statur des ſehr muskulöſen und knochigen Mannes eher zu klein als zu groß ſein dürfte — ſo hatten die Wadenmuskeln, wenn der Menſch, noch gar nicht

beſonders belaſtet, auf einem Fuße ſtehend die Ferſe emporhob, ſchon einem 78,047 Mal ſo ſtarken oder einem 80fachen Widerſtande das Gleichgewicht zu halten. Bedenken wir nun, daß jene Bewegung noch möglich bleibt, wenn ſelbſt der Menſch mit andern Körpern beſchwert iſt, ſo erklärt es ſich, weshalb die Natur hier von ihrem allgemeinen Grundſatze abweicht und ſtatt eines Hebels zweiter Art einen ſolchen dritter Ordnung ſchafft, um die Kraft in ein günſtigeres mechaniſches Moment zur Laſt zu ſtellen.

795 Wenn Hebel erſter Ordnung gebildet werden, ſo macht die Natur wiederum, ihrem Hauptprincipe getreu, da, wo größere Excurſionen nothwendig ſind, das Analogon von Hebeln dritter Art, d. h. ſie bringt die Kraft an den kürzern, die Laſt an den längern Hebelarm an. Dieſes ſehen wir z. B. an dem Kopfgelenke. Bei aufrechter Stellung und gerade nach vorn gerichtetem Geſichte trifft die Schwerlinie des Kopfes die Mitte zwiſchen den Gelenkflächen des Hinterhauptbeines und des Atlas (W. und Ed. Weber). Wenn daher auch jener auf dieſe Weiſe auf dem erſten Halswinkel balancirt, ſo liegt doch ſein Schwerpunkt ſehr hoch, ſo daß er leicht nach vorn überſtürzte, wenn er nicht durch die Strecker des Nackens ſogleich zurückgehalten würde. Denken wir uns nun, a ſei der Schwerpunkt, ab die Schwerlinie des Kopfes, c und d die Gelenkflächen des Hinterhauptes mit dem erſten Halswirbel und e des Processus mastoideus und Linea semicircularis superior ossis occipitis, ſo werden der Sternocleidomastoideus, der Splenius capitis und der Trachelomastoideus der linken Seite, wenn ſie den Kopf in ihrer Richtung hinziehen ſollen, in der Geſtalt des Winkelhebels eca arbeiten. In den Scheitelpunkt c fällt der Drehpunkt. ec iſt der kürzere Hebelarm der einwirkenden Kraft, ac der längere der widerſtehenden Laſt, welche letztere in a concentrirt iſt. Es wird ſich daher wiederum die Kraft auf Koſten der Größe der Bewegungsexcurſion im Nachtheil befinden. Aehnliche Deductionen laſſen ſich rückſichtlich der Bewegungen des Kopfes in der Richtung von vorn nach hinten oder der Thätigkeiten derjenigen Muskeln, welche die Processus spinosi, obliqui und transversi angreifen, für die verſchiedenen Körperſtellungen machen.

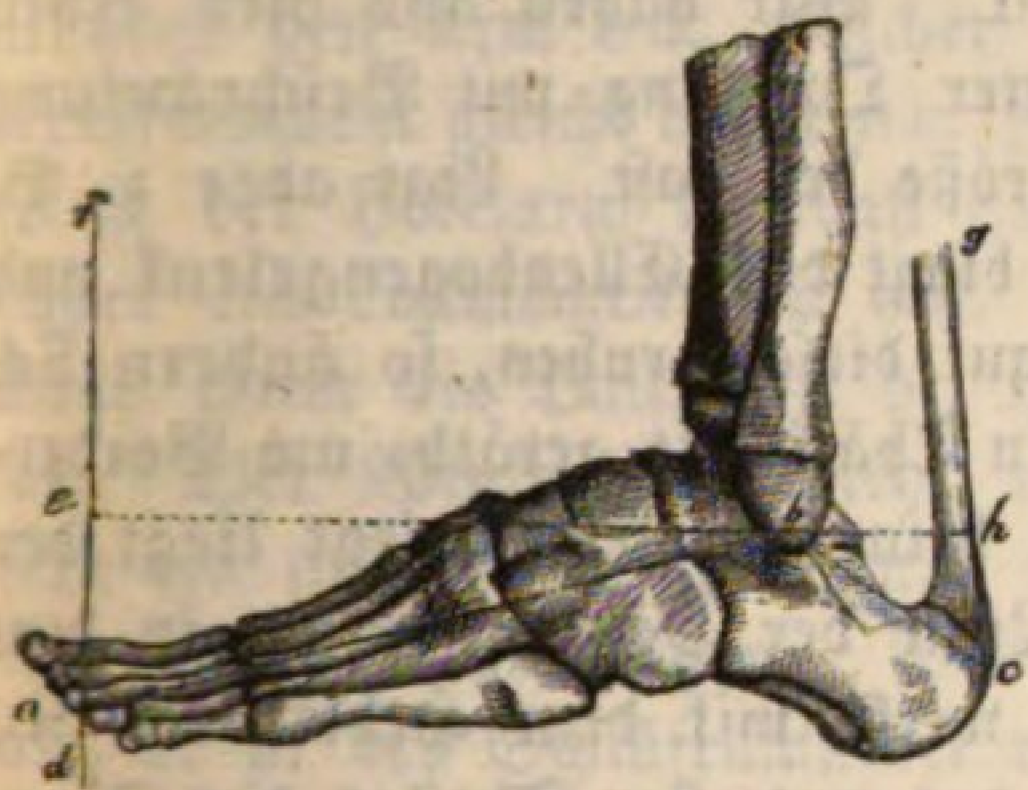
Fig. 73.



796 Ein und derſelbe Theil kann nach Mannichfaltigkeit der äußeren Umſtände dergeſtalt wirken, daß ſich er bald als einen Hebel der einen, bald einen ſolchen einer anderen Ordnung darſtellt. Wir haben z. B. geſehen, daß der Fuß bei dem Stehen und dem Aufheben der Ferſe als ein Winkelhebel zweiter Art arbeitet. Die Kraft lag an dem einen Ende deſſelben, nämlich dem Ferſenbeine, der Drehpunkt an dem anderen, den Metatarſus-

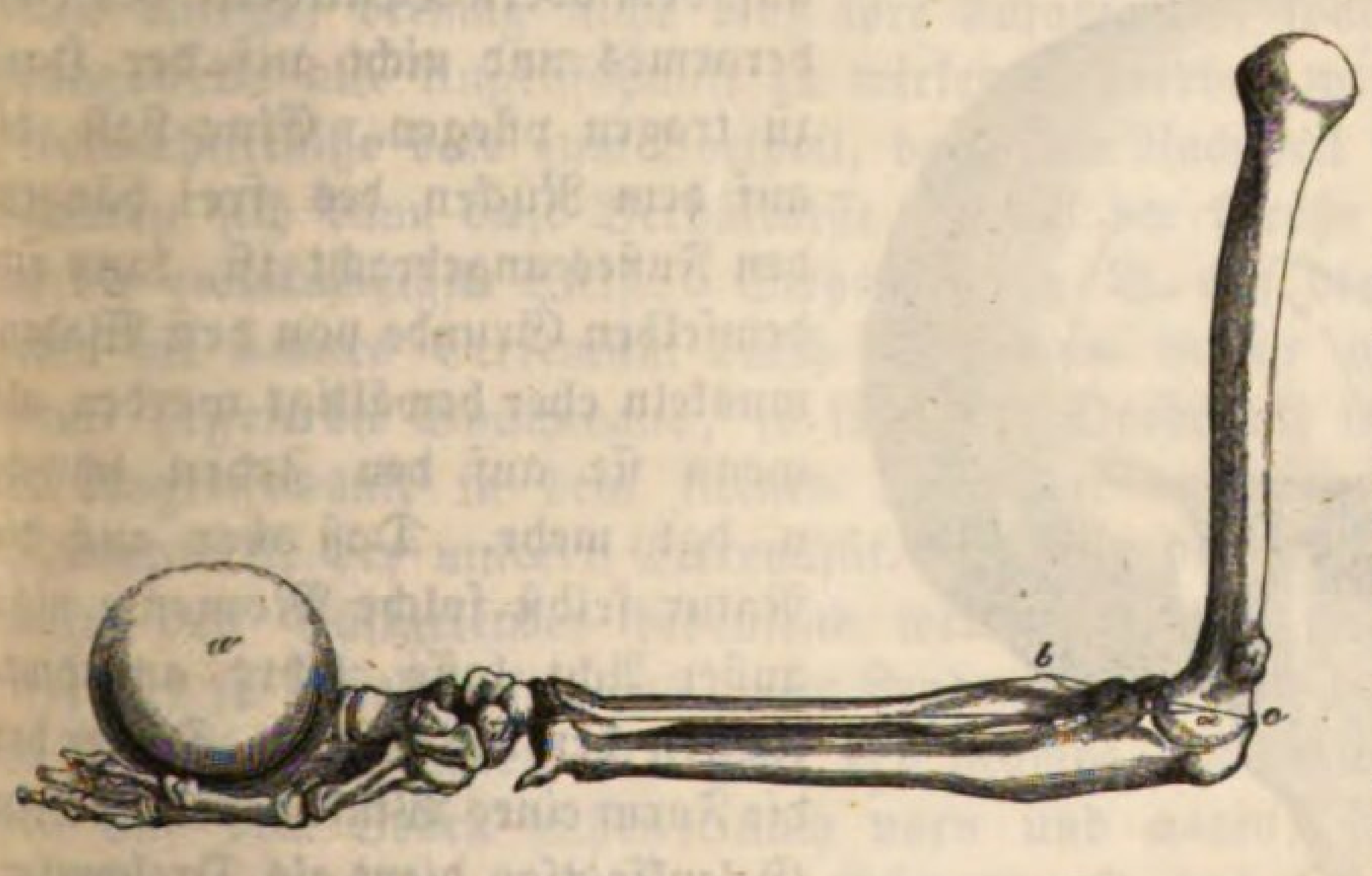
Zehengelenken und die Laſt, d. h. die Schwerlinie des Körpers ging an einem Orte zwiſchen beiden hinab. Sitzen wir aber z. B. mit über einander geſchlagenen Knieen und heben und ſenken die Zehen des ſchwebenden Beines, ſo geht der Fuß in einen Hebel erſter Art, welcher einem ſolchen dritter Ordnung analog iſt, über. Denn er wird jetzt zu dem Winkelhebel abc, welcher in dem Scheitel ſeines Winkels b ſeinen Drehpunkt hat. Hinge z. B. an den Zehen eine Laſt w, welche in der Gravitationsrichtung ad unter dem Winkel dab angreift, und verlängern wir da zu df, ſo wird deren Moment be ſein. Die Achillesſehne cg arbeitet als Kraft unter dem Winkel gcb. Sind nun z. B. cg und df parallel, ſo beträgt das Kraftmoment der Wadenmuskeln bh. Die beiden Werthe ab und bh liegen für dieſen Fall (nicht aber, wenn cg und df keine Parallelen darſtellen) in einer geraden Linie, und wir haben daher einen idealen geradlinigten Hebel erſter Ordnung eh, an deſſen kürzerem Arme bh die Kraft und an deſſen längerem be die Laſt darbietet. Die Wadenmuskeln verlieren unter dieſen Verhältniſſen ihre frühere Begünſtigung, welche ſie bei dem Stehen hatten. Sie arbeiten nicht mehr an einem Hebel zweiter Ordnung, bei welchem ihre Thätigkeit gegen die der Laſt im Vortheil iſt, ſondern an einem ſolchen erſter Art unter Analogie eines Hebels dritter Ordnung. Den allgemeiner vorkommenden Verhältniſſen entſprechend iſt jetzt ihre Kraft zu Gunſten der Bewegungsexcurſion der Zehen in Nachtheil gekommen.

Fig. 74.



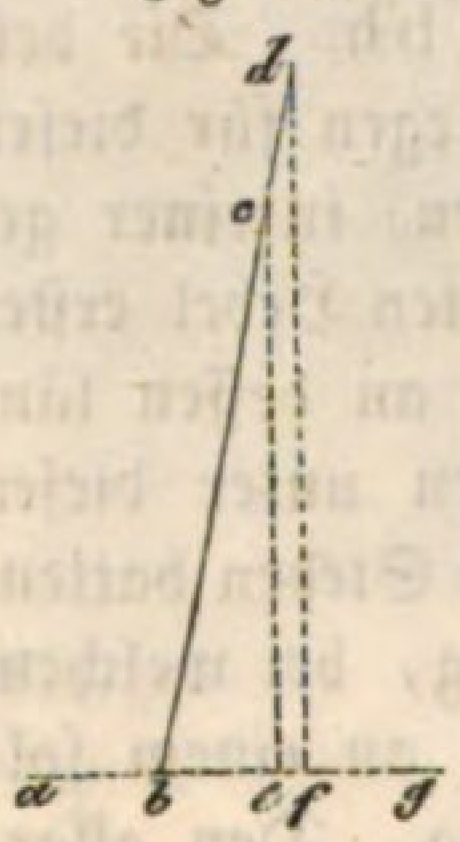
Aehnliche verſchiedenartige doppelarmige Hebel treten unter mannich- 797
fachen Nebenumſtänden bei den meiſten anderen Gelenken ein. Wählen wir als Beiſpiel das Ellenbogengelenk mit ſeinen Beugern und Streckern. Geſetzt, a ſei der Mittelpunkt der Achſe der Walze, welche an dem Charniergelenke des Ellenbogens durch den unterſten Theil des Oberarmes dargeſtellt wird, b die Tuberositas radii, an welche ſich die Hauptſehne des Biceps brachii anheftet, und c das Olecranon, welches der Triceps brachii angreift. Auf der Hand ruhe eine Laſt w, ſo daß der gemeinſchaftliche Schwerpunkt von dieſer und dem

Fig. 75.



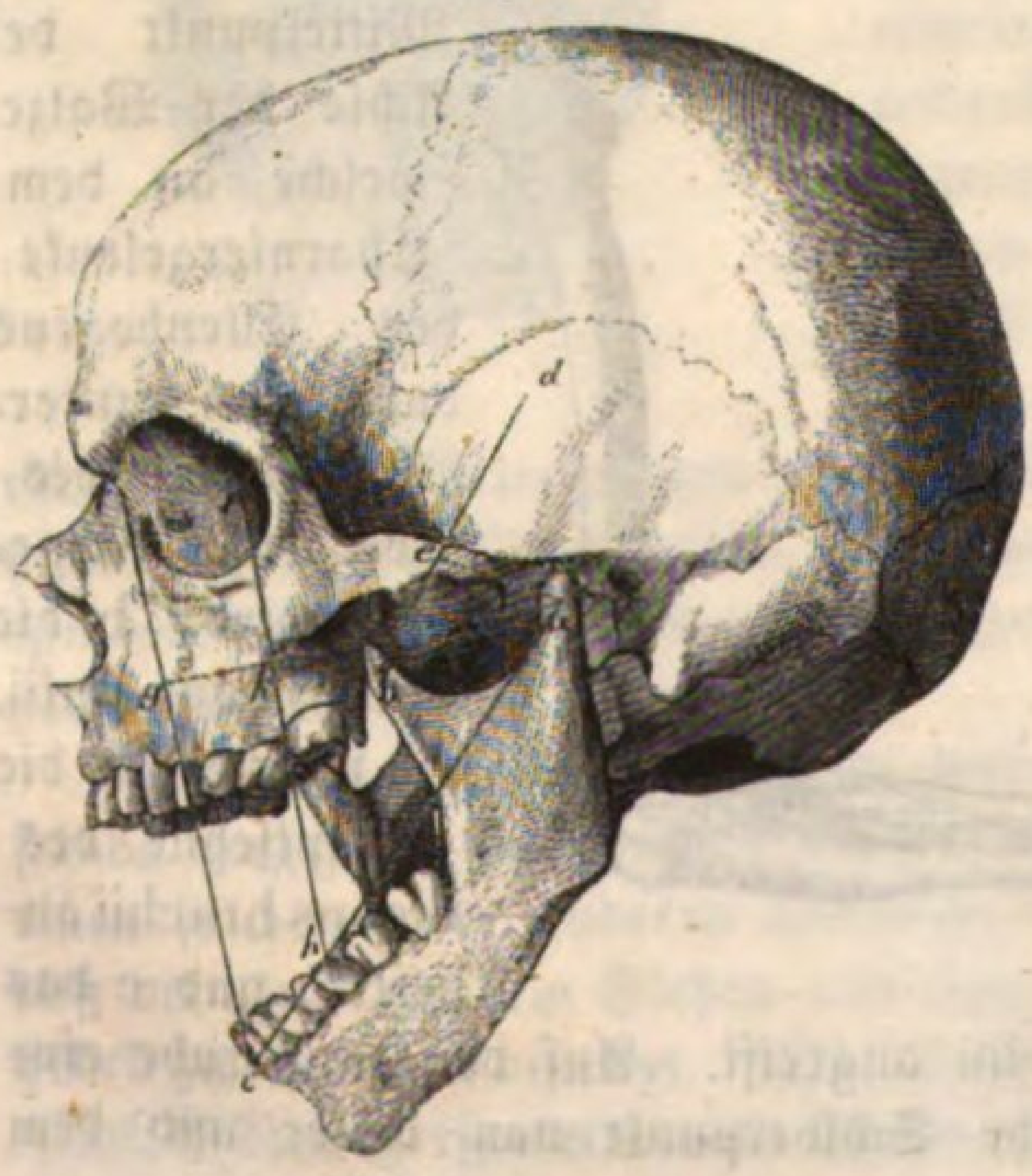
Vorderarme in d fällt, ſo können wir uns das Ganze als einen mathematiſchen Hebel da vorſtellen, welcher in a ſeinen Drehpunkt und in d ſeine Laſt hat. Der Biceps wird ihn, wenn der Vorderarm mit dem Oberarme ungefähr einen rechten Winkel bildet, mit dem Arme ba unter dem ſpitzen Winkel bad und der Triceps mit dem Arme ca unter dem ſtumpfen Winkel cad angreifen. Bei ſtärkerer Flexion bewegt ſich urſprünglich der Winkel bad, bei größerer Streckung cad. Wir haben alſo hier einen zweiarmigen Hebel nach dem Principe dritter Ordnung mit Beſchränkung der Kraft und Erhöhung der Bewegungsgröße der Laſt. Legt aber z. B. der Menſch die Hand flach auf den Tiſch, biegt das Ellenbogengelenk und läßt einen großen Theil ſeiner Körperlaſt auf dieſem ruhen, ſo ändern ſich die Verhältniſſe, wenn z. B. der Triceps in Thätigkeit geräth, um Vorderarm und Oberarm in eine gerade Linie zu bringen. Denn jetzt liegt der Drehpunkt, wenn ab die Linie der Hand darſtellt, in dem Handgelenke b. Die Laſt wirkt mit dem Hebelarme cb, wenn in c der Drehpunkt des unterſten Theiles des Oberarmes liegt und die Kraft mit db, wenn ſich in d das Olecranon befindet. Verlängern wir ab zu ag und fällen die Perpendikel ce und df, ſo arbeitet die Laſt mit dem kleineren Momente ce und die Kraft mit dem größeren df, ſobald b, c und d in eine grade Linie fallen. Der Triceps, der alſo gewöhnlich an einem Hebel dritter Ordnung thätig iſt, erhält jetzt günſtigere Bedingungen ſeiner Wirkſamkeit.

Fig. 76.



798 Bei beſchwerten Theilen kann natürlich diejenige Stelle, an welcher das Gewicht angebracht iſt, in hohem Grade wechſeln und auf dieſe Weiſe die Hebelverhältniſſe verändern. Wenn z. B. die Laſt auf dem Vorderarme ſtatt auf den Fingern aufliegt, ſo werden die Beuger des erſteren durch Verkürzung des Hebelarmes weſentlich erleichtert. Daher wir auch z. B. ſchon inſtinktmäßig ein Kind auf dem obern Dritttheile des Vorderarmes und nicht auf der Hand zu tragen pflegen. Eine Laſt, die auf dem Rücken des frei hängenden Fußes angebracht iſt, kann aus demſelben Grunde von den Wadenmuskeln eher bewältigt werden, als wenn ſie auf den Zehen ſchwebt u. dgl. mehr. Daß aber auch die Natur ſelbſt ſolche Momente nicht außer Acht laſſe, lehrt am deutlichſten der Unterkiefer. Dieſer hat die Form eines Winkelhebels. Sein Gelenkfortſatz dient als Drehwalze. Sein Processus coronoideus dagegen hat dieſelbe Beſtimmung,

Fig. 77.



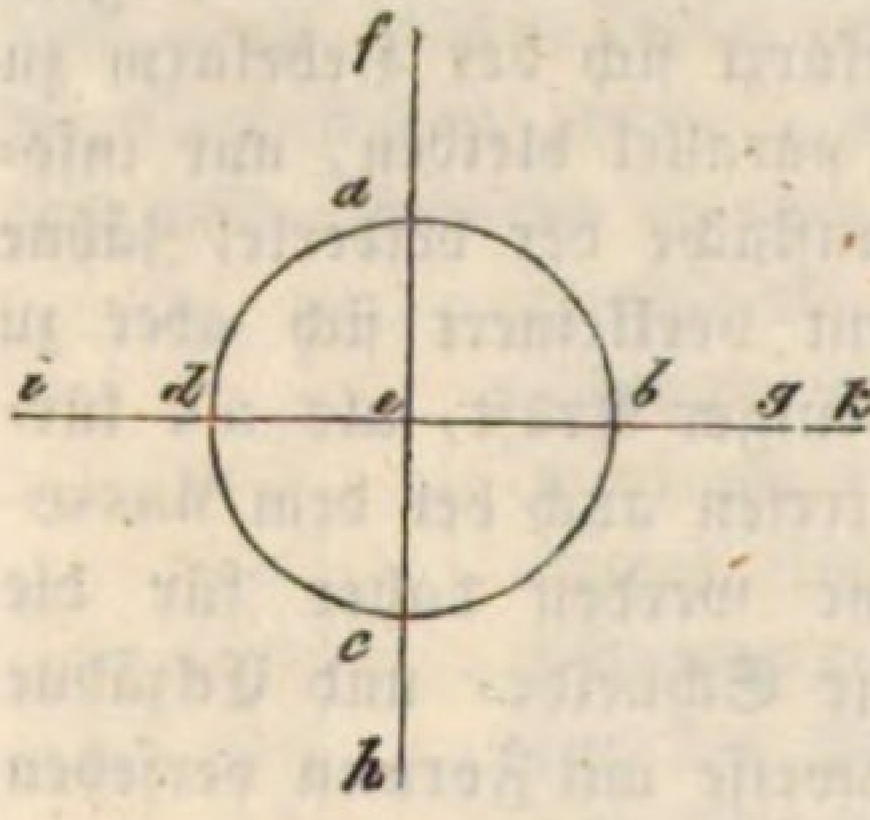
welche wir früher (§. 743) an dem großen Rollhügel des Oberſchenkels und anderen Knochenfortſätzen erläutert haben, d. h. den Radius oder Hebelarm, unter welchem die keineswegs recht-, ſondern ſpitzwinklig angreifende Sehne des Temporalis arbeitet, zu vergrößern. Denken wir uns, a (Fig. 77) ſei der Drehpunkt des Unterkiefers im Kiefergelenke, ſo haben wir, wenn die Schneidezähne etwas zerbeißen ſollen, für den Schläfenmuskel den Arm ba, welcher z. B. unter dba angegriffen wird. Sein Kraftmoment gleicht daher ae. Zerbeißen wir etwas mit den Schneidezähnen, ſo iſt der Hebelarm der Laſt ca, welcher z. B. unter fca thätig iſt und daher ein Laſtmoment ag hat. Wenn dagegen der zu zerdrückende Gegenſtand unter die Backzähne bei h kommt, ſo verkürzt ſich der Hebelarm zu ak. Der Winkel iha wird, wenn cf und hf parallel bleiben, nur inſofern ein anderer als gac und gah oder die Kaufläche der beiderlei Zähne von einander abweichen. Das neue Laſtmoment verkleinert ſich aber zu ak, d. h. der Schläfenmuskel verliert um ſo weniger Kraft, als ak kürzer geworden denn ag. Aehnliche Verhältniſſe treten auch bei dem Masseter und den Pterygoidei ein. Die Backzähne werden daher für die gleiche Zuſammenziehungsgröße kräftiger als die Schneide- und Eckzähne wirken. Daher auch ſie von der Natur vorzugsweiſe mit Formen verſehen worden, welche zu bedeutenderen und mehr vertheilten Druckwirkungen geſchickt ſind.

Nur diejenigen Muskeln, welche von fixen Knochentheilen entſpringen 799 und deren Angriffspunkte ihrer Weichheit wegen zu keinen ſtarren Ausgangsſtellen der Wirkung dienen können, üben einſeitige Effecte aus. So z. B. beherrſchen die meiſten Geſichtsmuskeln die Geſichtshaut, beſitzen aber auf die Ortsveränderung des Schädels keinen Einfluß. Auf gleiche Weiſe haben der Stylopharyngeus und Salpingopharyngeus die Kraft, den Schlundkopf in die Höhe zu heben, nicht aber von dieſem aus auf die Bewegungen des Griffelfortſatzes und der Euſtachiſchen Trompete zu wirken. Indem ſich aber der größte Theil der Muskeln an verſchiebbare Knochenparthieen anſetzt, vermag nicht bloß ihre Anſatzſehne, ſondern auch ihre Urſprungsſtelle als Angriffspunkt zu wirken. Hierbei werden natürlich die Hebelverhältniſſe bald zum Vortheil, bald zum Nachtheil verändert. Häufig reguliren ſich dann dieſe Verhältniſſe je nach der Größe des Widerſtandes auf die zweckmäßigſte Weiſe. Stehen wir z. B. auf dem einen Beine und ziehen die andere Extremität durch den Psoas major und den Iliacus internus gegen die Bauchwand, ſo liegt der Drehpunkt in dem Hüftgelenke, der Angriffspunkt in dem kleinen Rollhügel und der Laſtpunkt in dem Schwerpunkte der unteren Extremität. Da nun der letztere von dem Drehpunkte des Hüftgelenkes bedeutend weiter als der kleine Rollhügel entfernt iſt, ſo befinden ſich der große Lendenmuskel und der Darmbeinmuskel im Nachtheile. Führen dieſe aber den Rumpf, indem wir mit beiden Füßen auf dem Boden ruhen, nach vorn und unten, ſo bleibt zwar der Drehpunkt derſelbe, allein der Schwerpunkt des Oberkörpers fällt in die Nähe des Promontorium und die genannten Muskeln erreichen günſtigere Verhältniſſe. In dem erſteren Falle gleicht jedoch auch nur die zu

überwindende Laſt dem Gewichte des einen Beines, in dem letzteren dem des Rumpfes, des Halſes, des Kopfes und der oberen Extremitäten.

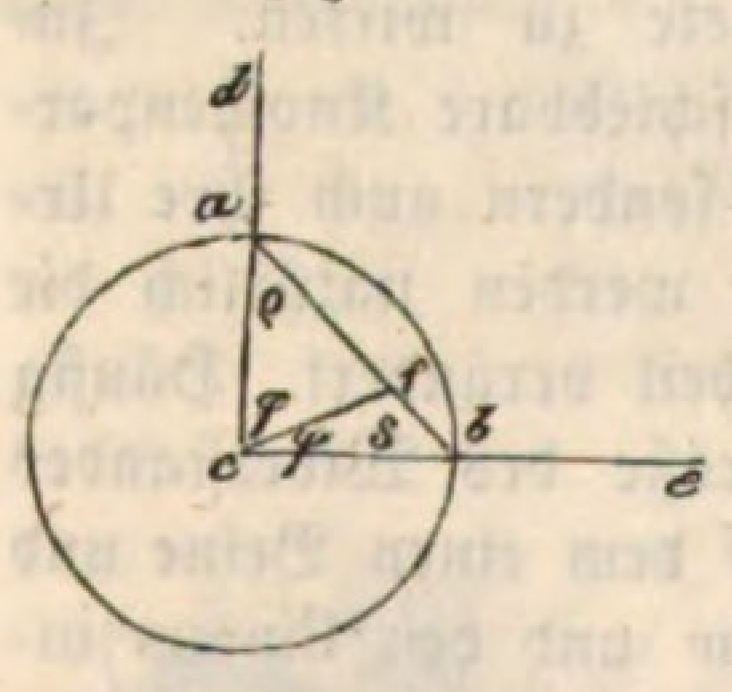
800 Wirken mehrere Muskeln auf ein und daſſelbe paſſive Bewegungsorgan gleichzeitig ein, ſo müſſen ſich die Hebelverhältniſſe ändern, ſobald die Angriffspunkte verſchieden ſind oder der Zug in ungleichen Richtungen erfolgt. Die auf dieſe Weiſe erzeugten Wirkungen beruhen auf den Geſetzen der gleicharmigen oder ungleicharmigen Hebel und des Parallelogrammes der Kräfte. Wählen wir z. B. als das einfachſte Paradigma die graden Augenmuskeln. abcd ſeien die Anſatzpunkte der letzteren an den ſenkrechten kreisförmigen Querſchnitt der Sclerotica, deſſen Mittelpunkt in e fällt. af ſei die Kraft des Rectus superior, bg die des Rectus internus, ch die des Rectus inferior und di die des Rectus externus. Iſt $af = bg = ch = di$ und wie in dieſem Falle immer $feg = geh = hei = ief = 90^\circ$, ſo haben wir einerſeits in ef und eh und anderſeits in ei und eg gleiche, aber entgegengeſetzte Hebelarme, d. h. bei gleichem Grade der Zuſammenziehung oder Erſchlaffung werden einander der Rectus superior und inferior und ebenſo der Rectus externus und internus das Gleichgewicht halten. Zöge ſich dagegen der letztere Muskel mit der Kraft ek, der äußere grade Augenmuskel hingegen mit der ei zuſammen, ſo würde der Bulbus mit der freien Kraft gk nach innen gewandt werden.

Fig. 78.



Um uns die Wirkung zweier benachbarter grader Augenmuskeln zu vergegenwärtigen, können wir folgende Betrachtung anſtellen. Geſetzt, der Rectus superior wirke mit ad, der Rectus internus dagegen mit be, ſo werden beide mit ihren ungleichen Kräften an dem Hebel ab arbeiten. Die Winkel, unter welchen ſie angreifen, müſſen immer die gleichen, nämlich 135° ſein. Denn wir haben in dem Dreiecke abc bei c einen Rechten und $ac = cb$, folglich $cab = cba = 45^\circ$; mithin $dab = eba = 135^\circ$. Unter dieſen Verhältniſſen wird es für die ſtatiſchen Momente vollkommen das Gleiche ſein, ob der gleicharmige Hebel ab bei a und b von den ungleichen Kräften ad und be in Angriff genommen wird oder ob an ihm gleiche Kräfte arbeiten, während ſich die Hebellängen af und fb umgekehrt wie die urſprünglichen Kräfte verhalten. Wir haben mithin $bf : af = ad : be$. Nun verhält ſich $cf : af = \varrho : \varphi$ und $cf : fb = s : \psi$. Alſo $cf = \frac{af \,.\, \varrho}{\varphi} = \frac{fb \,.\, s}{\psi}$. Es war aber $\varrho = s$. Daher $\frac{ag}{\varphi} = \frac{gb}{\psi}$, d. h. $ag : gb = \varphi : \psi$. Es war $\psi = 90^\circ - \varphi$, d. h. alſo durch die ungleichartige Wirkung des Rectus superior und des Rectus in-

Fig. 79.



ternus wird das Auge dergeſtalt ſchief gezogen, daß ſich der Neigungswinkel gegen die größere Kraft zu dem gegen die geringere wie die letztere zur erſteren verhält. Oder der Neigungswinkel der ſtärkeren Kraft gleicht 90° multiplicirt mit der ſchwächeren Kraft und dividirt durch die Summe beider Kräfte. Das Quantum der Mittelkraft wird natürlich, wenn man es mit rechten Winkeln zu thun hat, der Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der Einzelkräfte entſprechen.

Arbeiten, z. B. die beiden genannten Muskeln mit gleichen Kräften, ſo wird natürlich der Zugwinkel 45° ſein, d. h. gerade in der Mitte zwiſchen der Senkrechten und der Horizontalen liegen. Wäre aber z. B. die Thätigkeit des Rectus superior $1\frac{1}{2}$ Mal ſo ſtark, als die des Rectus internus, ſo hätten wir für den Neigungswinkel $x = \frac{90^\circ}{1 + 1{,}5} = 36^\circ$, d. h. der Augapfel wird dergeſtalt ſchief gezogen, daß er um 36° von der Senkrechten und um 54° von der Horizontalen abweicht. Die Größe des Zuges gliche in dem erſteren Falle $\sqrt{2} = 1{,}4142$.

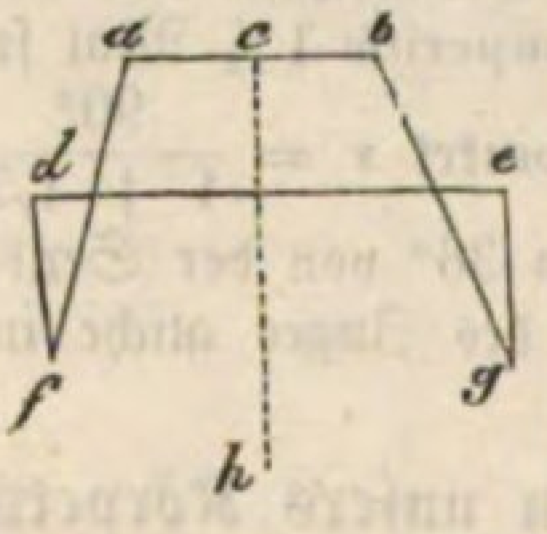
Indem analoge Verhältniſſe bei den meiſten Muskeln unſers Körpers 801 (jedoch häufig mit Abweichungen der Winkel) wiederkehren, entſteht eine unendliche Reihe möglicher Modificationen der Zugrichtungen. Die wichtigſten Normen, welche in dieſer Beziehung hervortreten, laſſen ſich auf folgende Punkte zurückführen:

1) Vermöge der ſeitlichen Symmetrie unſerer Körperorgane bilden alle gleichnamigen Muskeln des Kopfes und des Rumpfes, ſofern ſie auf die Longitudinalachſe der Wirbelſäule und deren Verlängerung nach dem Kopfe in rein ſeitlicher Direction wirken, entgegengeſetzte Kräfte oder Arme eines Hebels erſter Ordnung, deſſen Drehpunkt in die genannte Längenachſe fällt. Wenn ſich z. B. die Intertransversarii der rechten Seite ebenſo viel, als die der linken zuſammenziehen, ſo wird Gleichgewicht herrſchen, d. h. es wird ſich die Wirbelſäule weder nach der einen noch nach der andern Seite neigen. Der Drehpunkt dagegen wird mit der doppelten Kraft der Zuſammenziehung der Intertransversarii der einen Seite beſchwert ſein. Ueberwiegt dagegen die Contraction der rechten Querfortſatzmuskeln, ſo muß die Wirbelſäule mit dem Unterſchiede der rechten und linken Intertransversarii nach rechts geführt werden. Die Thätigkeit dieſer Muskeln iſt mithin vorzugsweiſe auf die Bewegung der Höhe gerichtet. Aehnliche Verhältniſſe gelten für die Transversales cervicis, Semispinales colli et dorsi, Scalenus anticus, medius und posticus rückſichtlich des Halstheiles und der Quadrati lumborum in Betreff der Lendenparthie der Wirbelſäule. Aus dem gleichen Grunde ſind z. B. der Tibialis anticus und die Peronaei für die Seitenränder des Fußes Antagoniſten, während ſie, wenn ſie zuſammenwirken, den ganzen Fuß im Fußgelenke vorn emporheben.

2) Schon bei den genannten Muskeln gewinnt die Natur dadurch an Vielſeitigkeit der Bewegungen, daß die Fläche, welche durch die Anſatzpunkte der ſeitlich ſymmetriſchen Muskeln geht, mit derjenigen Ebene nicht zuſammenfällt, welche durch die Drehaxe und den Anſatzpunkt der Muskeln der einen Seite läuft. Es arbeiten daher zwar die entſprechenden Seitenparthieen für die lateralen Richtungen entgegengeſetzt und heben ſich bei gleichen Kräften in dieſer Hinſicht wechſelſeitig auf. Allein jeder

Grad ihrer Contraction geht deshalb nicht verloren, ſondern erhält einen poſitiven Effect nach vorn oder hinten. Man ſieht leicht, daß durch dieſes Princip verhütet worden, daß jeder, ſelbſt der geringſte Grad von Muskelcontraction in Erhaltung des ſeitlichen Gleichgewichtes nutzlos verſchwendet werde, ſondern zugleich in anderen Richtungen ſeine Energie entwickeln könne. Einen ſehr einfachen Beleg dieſer Verhältniſſe geben die beiden Sternocleidomastoidei. Nehmen wir z. B. an, ab ſei die Achſe, um welche ſich der Kopf in den Hinterhauptsgelenken dreht und c der Mittelpunkt derſelben. Bei d und e befinden ſich die beiden Processus mastoidei, die gleichweit von a und b und mithin auch von c, aber nach außen von dieſen Punkten liegen. Greifen nun die beiden Sternocleidamastoidei mit den gleichen Größen df und eg und den gleichen Winkeln fde und ged an, ſo werden ſie die Axe ab nach keiner Seite hin drehen können. Denn ſie arbeiten an ab unter den in jeder Beziehung gleichen Winkelhebeln fac und gbc. Griffen ſie daher bei b und a an, ſo ginge in dieſem Falle alle ihre Kraft zur Herſtellung des Gleichgewichts verloren. Indem aber die Natur den Kopf von hinten nach vorn und umgekehrt beweglich macht und die Processus mastoidei nach außen von dem Hinterhauptsgelenk verlegt, ſo wird zwar dann keine ſeitliche Neigung des Kopfes zu Stande kommen; allein dieſer wird mit der doppelten Kraft von ch nach vorn und unten geführt werden. Arbeiten beide Sternocleidomastoidei mit ungleichen Kräften, ſo kann hierdurch, wie man leicht ſieht, eine unendliche Reihe von Variationen der Neigung nach vorn und nach den Seiten hervorgerufen werden. Ein ähnliches Princip läßt ſich auf die ganze Wirbelſäule ausdehnen. Nie liegen hier der Drehpunkt und die Anheftungspunkte der beiden ſeitlichen ſymmetriſchen Muskeln in einer Ebene. Immer bilden die beiderlei Durchgangsflächen im Querſchnitt gleichſchenklige Dreiecke. Aus dieſem Grunde arbeiten z. B. die Longi colli und Scaleni für die Beugung des Halstheiles, die ſämmtlichen Nacken- und Rückenmuskeln für die Streckung oder Drehung des Kopfes und der Wirbelſäule bei weitem vielſeitiger, als wenn ihre Hebel in ihren Drehpunkten nur in einſeitigeren Richtungen beweglich geweſen wären.

Fig. 80.



3) Am Geſichte haben wir häufig trotz der ſeitlichen Symmetrie bei der gleichen Zuſammenziehung der analogen aber entgegengeſetzt wirkenden Muskeln keine Ruhe, ſondern Veränderung, weil die Angriffspunkte ſelbſt nicht feſt, ſondern beweglich ſind. Es bezeichne z. B. ab die Linie, welche von einem Mundwinkel zum andern verläuft. Dieſe werde in c halbirt. Greifen z. B. die beiden Zygomatici majores unter den gleichen Winkeln dac und ebg und mit den gleichen Kräften da und eb an, ſo könnte keine Bewegung in der horizontalen Richtung, wenn a und b fix wären, erfolgen. Da dieſes aber nicht der Fall iſt, ſo führt da mit der

Fig. 81

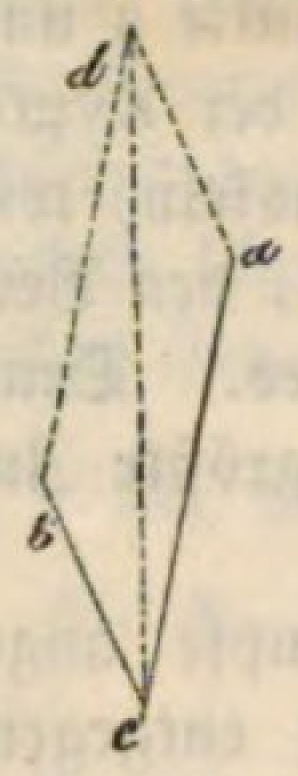
Kraftwirkung df den Punkt a und ebenſo eb mit der von eg den Punkt b nach außen und zum Theil nach oben. Die Mundſpalte wird auf dieſe Art erweitert. Hier fällt alſo die größte Entfernung der Endpunkte a und b von dem Mittelpunkte c mit dem Maximum der Contraction der Zygomatici zuſammen. Das Umgekehrte haben wir bei den Kreismuskeln, wie den Schließern der Augen, des Mundes, des Afters, der Blaſe, den Verengern der Scheide, den Röhrenmuskeln des Nahrungsſchlauches. Denn hier entſpricht die größte Erſchlaffung dem Maximum und die größte Zuſammenziehung dem Minimum des Lumen.

4) Da die Extremitäten ſeitlich ſymmetriſch an dem Rumpfe angebracht ſind, ſo verhalten ſie ſich im Ganzen wie gleiche, aber entgegengeſetzt wirkende Theile. Wenn ſich z. B. beide Deltoidei bei derſelben Fixation des Schultergelenkes in gleichem Maaße zuſammenziehen, ſo entfernt ſich der eine Arm ebenſo weit als der andere von jedem Punkte der Mittellinie. An jeder einzelnen Extremität dagegen treten abweichende Verhältniſſe hervor. Schon am Rumpfe nämlich halten ſich, wie wir geſehen haben, die analogen Muskeln an beiden Seiten, nicht aber in der Richtung von vorn nach hinten das Gleichgewicht. An dem Arme und dem Fuße dehnt ſich das Princip der Ungleichheit faſt auf alle Dimenſionen aus. Eine wahre Wiederholung derſelben Muskeln in ſeitlichen Reihen haben wir nur an den Fingern und Zehen, und ſelbſt eine ſymmetriſche Vertheilung gleich wirkender Muskeln erſcheint nur unvollſtändig und ausnahmsweiſe, wie z. B. bei den Flexoren und Extenſoren der Handwurzel. Dagegen halten ſich hier ungleichartige Muskeln und Muskelgruppen in den verſchiedenſten Directionen das Aequiliber. So z. B. in der Richtung von vorn und hinten die Flexoren und Extenſoren, in der von außen nach innen die Abzieher und Anzieher und in ſchiefer drehender Bahn die Pronatoren und Supinatoren. Hierbei arbeiten häufig ungleiche Kräfte gegen einander, ſo daß äußere Nebenmomente, wie z. B. die Länge und die Verhältniſſe der Schwere der Hebel hinzutreten müſſen, wenn Gleichgewicht zu Stande kommen ſoll.

5) Es verſteht ſich von ſelbſt, daß zwei oder mehrere Muskeln, welche denſelben Hebel angreifen und ſich nicht gänzlich aufheben, als componirende Wirkungen, die nach den Geſetzen des Parallelogrammes der Kräfte einen Mitteleffect erzeugen, auftreten. Selbſt die einzelnen Abtheilungen eines und deſſelben Muskels, z. B. des Deltoideus, vermögen auf dieſe Weiſe zu wirken. Hierdurch können natürlich die Richtungen der bewegten Theile auf das mannichfachſte verändert und die Functionen der anregenden Kräfte weſentlich modificirt werden. Bisweilen aber benutzt die Natur die Erſcheinungen des Kraftparallelogrammes für die urſprüngliche Herſtellung von Muskelgruppen. Wenn dieſe nämlich nicht in der Richtung der Mittelkraft mit gleichem Vortheile angebracht werden konnten, ſo finden ſich zwei ſeitliche Componenten, welche ſich zur Mittelrichtung vereinigen. Ein deutliches Beiſpiel der Art haben wir an dem Psoas major und Iliacus internus. Abſtrahiren wir von den Faſern des letztern, welche an das Schenkelbein ſelbſt gehen, ſo bilden beide Muskeln nur einen zwei=

gabligen Theil, deſſen Aeſte zwar iſolirt wirken können, meiſt aber gemeinſchaftlich arbeiten. Liegt nun z. B. bei c der kleine Rollhügel und geht der Zug des Psoas major in der Richtung ca und der des Iliacus internus in der von cb, ſo wird natürlich ein Mittelzug cd zu Stande kommen. Wäre in dieſer Direction nur eine Muskelmaſſe angebracht worden, ſo hätte nicht die breite Oberfläche des Darmbeines zu ihrem größten Theile als Ausgangspunkt benutzt werden und ſelbſt der Psoas nicht ſo vollkommen hergeſtellt werden können. Indem aber dieſes erzielt worden, vermögen überdies noch Psoas und Iliacus iſolirt zu arbeiten.

Fig. 82.



802 Mit dem Namen der Antagoniſten belegen wir alle Muskeln und Muskelgruppen, welche einander in irgend einer Richtung das Gleichgewicht halten können. Hierher gehören z. B. die ſeitlich ſymmetriſchen Muskeln der Wirbelſäule, die Flexoren und Extenſoren, die Abductoren und Abductoren, die Pronatoren und Supinatoren u. dgl. Man ſieht aber leicht, daß dieſe Bezeichnung nur eine relative iſt. Die ſeitlich ſymmetriſchen Muskeln der Wirbelſäule bilden zwar für die Breitenachſe Antagoniſten. Allein in Betreff der Richtungen von vorn nach hinten ſummiren ſich ihre Wirkungen und haben ihre gemeinſchaftlichen Antagoniſten vor der Wirbelſäule. Bei den reinen Charniergelenken, wie z. B. an dem Ellenbogen, ſind zwar die Flexoren und Extenſoren ſtrenge Antagoniſten; wo jedoch die Bewegungen, wie z. B. am Kniegelenke, freier werden, tritt dieſes reine Verhalten auch ſchon in den Hintergrund. Der Biceps femoris z. B. iſt zwar ein Antagoniſt des Rectus, der Vasti und des Cruralis, ſobald die untere Extremität im Knie geſtreckt wird; iſt ſie dagegen gebogen, ſo kann der zweiköpfige Schenkelmuskel den Unterſchenkel drehen und tritt daher in andere antagoniſtiſche Verhältniſſe. Ebenſo ändern ſich dieſe Momente je nach den Angriffspunkten des Muskels ſelbſt. Wirkt z. B. der Gastrocnemius auf das Ferſenbein, ſo arbeitet er als Strecker des Fußes. Greift er dagegen bei Fixation der Ferſe mit ſeinen Urſprungsſehnen an, ſo iſt er als Beuger des Oberſchenkels thätig. Endlich brauchen nicht immer zwei Muskelgruppen die Antagoniſten darzuſtellen. Die Lage des Schwerpunktes, die Verſchiedenheit der Länge des angreifenden Hebelarmes und andere Nebenmomente können einen Theil des Widerſtandes, der ſonſt auf den Antagoniſten fiele, übernehmen. Aus dieſem Grunde haben auch häufig antagoniſtiſche Muskelgruppen bei nicht ſehr abweichenden Angriffswinkeln und Angriffspunkten ungleiche Mengen von Muskelfaſern. Indem z. B. die Schwerlinie des Körpers vor dem größten Theile der Wirbelſäule herabgeht, ſind die Beuger der letzteren immer ſchwächer als die Strecker. Am Halſe werden die Flexoren nahe an den Wirbelkörpern angebracht, ſo daß ſie mit kurzen Hebelarmen gleich den Streckern wirken können. An der Bruſt und dem Bauche dagegen helfen die Bauchmuskeln erſt durch Vermittlung der Rippen mit längern Hebelarmen nach.

803 Wie wir in der Folge ſehen werden, hängt die Größe der möglichen Verkürzung einer Muskelfaſer von ihrer Länge ab. Die Kraft eines jeden

Muskels dagegen wird nicht durch ſeine Longitudinalausdehnung, ſondern durch die Zahl der in ihm enthaltenen Faſern beſtimmt. Das Volumen giebt uns daher gar keinen Maaßſtab für die Energie einer Muskulatur, weil ſich die Zahl und die Länge der contractilen Elemente zweier verſchiedener Muskelmaſſen wechſelſeitig compenſiren können, ohne daß ſich das Verhältniß ihrer Kräfte auf entſprechende Art ändert. Der Sartorius z. B. würde die gleiche Energie entwickeln, wenn er nur einen Centimeter lang wäre. Erreicht er aber eine Longitudinalausdehnung von 5 Decimeter, ſo kann er ſich dadurch nur in größerem Maaße verkürzen. Seine Kraft gewinnt dabei nicht das Geringſte. Da das ſpecifiſche Gewicht mehrerer Muskeln eines und deſſelben Körpers nicht weſentlich verſchieden iſt, ſo gilt das eben Geſagte auch von der abſoluten Schwere derſelben.

Die meiſten Phyſiker und Phyſiologen haben dieſes Theorem außer 804
Augen gelaſſen, wenn ſie die Größe oder das Gewicht der Muskeln als Anhaltspunkt für die Beurtheilung der Kräfte derſelben betrachteten. Dieſe Verhältniſſe bilden nur eine Function des ſtatiſchen Momentes, d. h. des Produktes der möglichen Längenverkürzung und der Kraftgrößen derſelben. Sie geben ein Reſultat, welches phyſiologiſch nur ein ſehr ſpecielles und durchaus kein allgemeines Intereſſe beſitzt. Will man daher über das Vorherrſchen der Flexoren oder Extenſoren z. B. an verſchiedenen Extremitäten des Menſchen oder einzelner Thiere urtheilen, ſo müſſen wir eher in den Lebenserſcheinungen und den nervöſen Verhältniſſen, als in den Muskelgewichten ſichere Anhaltpunkte ſuchen.

Da die Längen der Beuger und Strecker des Ellenbogen- und Knie- 805
gelenkes des Menſchen keine ſo erhebliche Differenzen darbieten, daß die Eigenthümlichkeiten der Verhältniſſe der Kraftwirkungen rückſichtlich des Volumens vollkommen aufgehoben würden, ſo haben hier die Extenſoren ein größeres abſolutes Gewicht als die Flexoren. An der Hand dagegen kehren dieſe Verhältniſſe nur rückſichtlich der Pronation und Supination wieder, ſchlagen aber in Betreff der Beugung und Streckung ins Umgekehrte um. Als Beleg hierfür dienen die nachfolgenden Zahlen, welche von Theile an dem ſchon oben (§. 794) erwähnten Selbſtmörder beſtimmt worden.

1. Hand.

a. Beugung und Streckung.

Beuger.	Gewicht in Grm.	Strecker.	Gewicht in Grm.
Flexor digitorum communis sublimis	108,43	Extensor digitorum communis	44,71
Flexor digitorum communis profundus	123,33	Extensor digiti quinti .	10,43
Lumbricales manus . . .	5,59	Extensor indicis . . .	10,87
Flexor pollicis longus . .	24,47	Extensor pollicis longus .	11,18
Flexor pollicis brevis [1]) .	21,99	Extensor pollicis brevis .	5,78
Flexor digiti quinti . . .	2,29		
Summe .	286,10	Summe .	82,97

b. Pronation und Supination.

Pronation.	Gewicht in Grm.	Supination.	Gewicht in Grm.
Pronator teres	52,66	Supinator longus . . .	77,13
Pronator quadratus . . .	13,54	Supinator brevis . . .	28,07
Summe .	66,20	Summe .	105,20

2. Ellenbogen.

Beuger.	Gewicht in Grm. rechts	Gewicht in Grm. links	Strecker.	Gewicht in Grm. rechts	Gewicht in Grm. links
Biceps brachii . .	184,19	196,92	Triceps brachii . .	348,88	390,30
Brachialis internus .	164,57	180,40	Anconeus quartus .	12,23	12,79
Summe	348,76	377,32	Summe	361,11	403,09

3. Linkes Knie.

Beuger.	Gewicht in Grm.	Strecker.	Gewicht in Grm.
Semitendinosus	193,94	Rectus femoris	271,50
Semimembranosus . . .	215,68	Vasti externus und internus nebſt cruralis . .	1391,04
Biceps femoris	344,04		
Summe .	753,66	Summe .	1662,54

[1]) Der Flexor pollicis brevis und der Adductor pollicis waren an der linken Seite nicht ſcharf von einander geſchieden. Beide zuſammen wogen 432 Grn. Rechts da=

Es verhalten ſich mithin die Beuger zu den Streckern:

an den Fingern	= 286,10 :	82,97	= 1 : 0,29.
am rechten Ellenbogen	= 348,76 :	361,11	= 1 : 1,035.
am linken Ellenbogen	= 377,32 :	403,09	= 1 : 1,068.
am linken Knie	= 753,66 :	1662,54	= 1 : 2,206.

Die Proportion der Pronatoren und Supinatoren der Hand iſt = 66,20 : 105,20 = 1 : 1,589.

Die entſprechenden Muskeln der beiden Seitenhälften haben zwar ungefähr dieſelbe Länge, die gleiche Kraft und daſſelbe Volumen. Allein auch in dieſer Beziehung finden, wie wir an den Extremitäten am deutlichſten wahrnehmen, untergeordnete Differenzen, die ſich auf ein beſtimmtes Kreuzungsverhältniß zu beziehen ſcheinen, Statt. Der rechte Arm iſt nämlich im Allgemeinen ſtärker und geſchickter, als der linke, während an den Beinen eher das Umgekehrte eintritt. Bietet dagegen die linke obere Extremität ein größeres Kraftmoment dar, ſo wird auch oft das rechte Bein vor dem linken bevorzugt. Bei dem oben erwähnten Selbſtmörder z. B. waren die Muskeln des linken Armes faſt durchgehends ſchwerer, als die des rechten. Die Strecker des rechten Kniees dagegen übertrafen die des linken an Maſſe. Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß der Einfluß der Gewohnheit und der Uebung dieſe Cardinalverhältniſſe weſentlich abzuändern vermag. 806

Je zwei antagoniſtiſche Muskeln oder Muskelgruppen werden einander das Gleichgewicht halten, wenn ihre mechaniſchen, nicht aber ihre bloßen Kraftmomente die gleichen ſind. Aus dieſem Grunde kann auch jenes Ziel durch ungleichartige, aber entgegengeſetzt wirkende und mit ungleichen mechaniſchen Nebenmomenten verſehene Muskelmaſſen erreicht werden. Wahrſcheinlicher Weiſe regulirt ſogar die Natur die Verhältniſſe dergeſtalt, daß ſie das Gleichgewicht nicht durch eine ungleiche Intenſität der Zuſammenziehung, ſondern durch die Quantität der Muskelfaſern von vorn herein bedingt. 807

In der Regel ſtellt man ſich vor, daß ſich die Antagoniſten durch ihre Contractionszuſtände im Schach halten, daß ſich z. B. die Beuger bei ruhigen Mittellagen verhältnißmäßig eben ſo viel zuſammenziehen, als die Strecker, und daher hierdurch ein Mittelſtand der entſprechenden Hebel reſultirt. Man glaubt dieſes daraus ſchließen zu können, daß ſich ein von ſeinem Anheftungspunkte losgeſchnittener oder in ſeiner Mitte quer getrennter Muskel zurückzieht, daß nach einem Knochenbruche daſſelbe erfolgt und ſich angeblich nach Lähmung der Extenſoren die 808

gegen betrug das Gewicht des erſteren 345 Grn., das des letzteren 76 Grn. Es wurde daher das Gewicht des linken Flexor pollicis brevis zu $\frac{432 \times 345}{421} = 354{,}02$ Grn. = 354,02 × 0,0621 Grm. = 21,99 Grm. angenommen. Das Gleiche fand in Betreff des Flexor digiti quinti Statt. Links wog er mit dem Abductor digiti quinti 238 Grn. Rechts glich der erſtere 30 Grn., der letztere dagegen 164 Grn. Wir haben mithin für den linken Beuger des kleinen Fingers $\frac{238 \times 30}{194} = 36{,}8$ Grn. = 2,29 Grm.

ihrer Antipoden beraubten Beuger unbeſchränkt contrahiren. Wäre dieſes der Fall, ſo müßten alle Muskeln des Körpers in einer fortwährenden Zuſammenziehung begriffen ſein. Allein eine genauere Betrachtung lehrt, daß eine ſolche Verſchwendung von Contractionsenergie wenigſtens in irgend ausgedehnterem Maaße wahrſcheinlicher Weiſe nicht Statt findet. Jeder Muskel widerſteht von ſelbſt dem Maximum ſeiner Ausdehnung und gelangt nur zu dieſem, wenn er durch eine entſprechende Widerſtandskraft überwunden wird. Bei dem luftdichten Verſchluſſe der Gelenke, bei der Straffheit der Bänder und der Aponeuroſen ſind die mechaniſchen Verhältniſſe ſo beſchaffen, daß es meiſtentheils für den Zuſtand der Ruhe gar keiner ferneren Muskelzuſammenziehung bedarf, um gleiche ſtatiſche Momente, d. h. das Gleichgewicht zu erzeugen. Die beiderſeitigen antagoniſtiſchen Muskeln ruhen daher im ſtrengſten Sinne des Wortes, d. h. ſie ſind nicht auf das Maximum ihrer Länge ausgedehnt, ſondern nur ſo weit verkürzt, daß die anderen Factoren der ſtatiſchen Momente mit dem Minimum organiſcher Anſtrengung das Gleichgewicht hervorbringen können.

Die Störungen des regelrechten Antagonismus rufen die große Reihe orthopädiſcher Gebrechen hervor, deren Heilung man erſt in neuerer Zeit auf richtigere phyſiologiſche Principien zu reduciren anfängt. Sie hängen aber keineswegs bloß von den Muskeln, ſondern von den ſämmtlichen Bedingungen der ſtatiſchen Momente ab. Zuvörderſt können daher die Hebel ſelbſt das Gleichgewicht aufheben. Sind z. B. die Wirbel ungleich ausgebildet oder aſymmetriſche Stücke zwiſchen ihnen eingeſchoben, ſo werden dieſelben ſymmetriſchen Rückenmuskeln, ſofern ſie nicht ihre Anſatzpunkte ändern, nicht mehr das Aequiliber halten. Eben ſo müſſen zu ſtraffe oder zu laxe Bänder, Verkürzungen oder Verlängerungen der Aponeuroſen, zu nahe oder zu fern gelegene Sehnenanſätze u. dgl. zu Verkrümmungen oder Verſchiebungen Veranlaſſung geben. Die Muskeln ſelbſt ſtören vorzüglich auf dreierlei Weiſe das Gleichgewicht. 1) Sie ſind urſprünglich kürzer als ihre Antagoniſten. Dieſe Längenverminderung, welche ſowohl die Muskelfaſern als die Sehnen treffen kann, findet beſonders in vielen Fötalverhältniſſen weſentliche begünſtigende Momente, weil ſolche Zuſtände nicht ſelten in früheren Zeiten des Embryonallebens die Norm bilden und mehr oder minder einſeitig zurückbleiben können. Hierher gehören z. B. die zu geringe Länge der Sehnen der Fingerbeuger, ſo daß die Phalangen nicht vollkommen in eine grade Linie gebracht werden können, mannigfache Formen der Klumphände und Klumpfüße u. dgl. 2) Die Muskeln ſind zwar ihren Größen und Maſſen nach auf eine den Widerſtänden entſprechende Art regelrecht äquilibrirt. Allein die Intenſität der Kraftwirkung der einen Muskelgruppe iſt krankhafter Weiſe erhöht, während die der anderen ihr Normalverhältniß beibehalten hat. Nach dem oben erörterten Geſetze aber macht die Natur wahrſcheinlich immer im geſunden Zuſtande die Maſſen den ſtatiſchen Widerſtänden proportional, um die Contractionsgrade gleich wirken zu laſſen. Es muß daher in dem obigen Falle eine einſeitige Feſtſtellung des Hebels zu Gunſten der intenſiver zuſammengezogenen Muskulatur erfolgen. Auf dieſe Weiſe haben wir z. B. durch Ueberwiegen der Contractionsenergie des einen Sternocleidomastoideus ein ſogenanntes Caput obstipum, durch ein ſolches der einen Seite der Strecker des Halſes oder des Rückens Verkrümmungen der Wirbelſäule, durch vorherrſchende Thätigkeit des Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus Contracturen des Kniegelenkes u. dgl. mehr. Nicht immer brauchen ſich Mißverhältniſſe der Art durch äußere Verunſtaltungen zu erkennen zu geben. Wenn z. B. der Rectus internus des Auges über den Rectus externus ein bleibendes Uebergewicht gewinnt, ſo entſteht ein ſogleich auffallendes Schielen nach innen. Allein dieſes wird nicht immer, wie wir bei dem Sehen finden werden, auf der Stelle kenntlich, wenn der Obliquus superior oder inferior das Maaß ihrer Zuſammenziehungsthätigkeit überſchreiten. Endlich 3) kann eine Parthie von Muskeln durch Leiden des Nervenſyſtems gänzlich gelähmt, eine andere dagegen in ihren Thätigkeiten erhöht ſein. Auf dieſe Weiſe werden z. B. bei manchen Rückenmarkskrankheiten die Kniee dergeſtalt gebeugt, daß die Ferſen anhaltend dem Geſäße anliegen. Die nähreren Ver-

hältniſſe dieſer Erſcheinungen ſollen in der Nervenphyſiologie erörtert werden. Bei den Specialbewegungen des Menſchen finden ſich diejenigen Muskeln, welche ſich bei den vorzüglichſten orthopädiſchen Gebrechen deſſelben betheiligen, verzeichnet.

Wenn wir die Muskeln, Sehnen oder Aponeuroſen der verkürzten Gebilde behufs der Heilung ſolcher Leiden, durchſchneiden, hierauf die Theile in ihre möglichſt natürliche Lage bringen und in dieſer zu erhalten ſuchen, ſo rechnen wir darauf, daß ſich das Interſtitium, welches zwiſchen den Durchſchnittsflächen entſtanden, mit neuer zellgewebiger Maſſe ausfülle und ſo die krankhaft verkürzten Theile verlängere. Bei den Sehnen erzeugt ſich zunächſt um die Durchſchnittsſtellen und längs des zwiſchen ihnen befindlichen Raumes eine Art Kapſel, welche ſich dann mit zellgewebigen Narbenfaſern ausfüllt. Unſere Berechnung beruht dann vorzüglich auf zweierlei Vorausſetzungen. Sind die Theile urſprünglich verkürzt geweſen, ſo gewinnen ſie durch die Operation und deren Nachbehandlung an der ihnen fehlenden Länge. War die Contractionsenergie zu ſtark, ſo kann ſie zwar bisweilen ſchon durch die bloße Verlängerung der Sehnen compenſirt werden; allein mehr als dieſes leiſtet die Uebung. Wie z. B. wohlgebildete Menſchen, welche viel ſchreiben, nähen und ähnliche mit ſtärkeren Zuſammenziehungen der Schultermuskeln verbundene Beſchäftigungen treiben, nicht ſelten ſchief werden, ſo kann ſich umgekehrt ein zu ſehr contrahirter Muskel, der eine Zeit in der gehörigen geſtreckten Lage erhalten wird, auf ſein normales Zuſammenziehungsmaaß reduciren. Jene Extenſion aber wird leichter zu bewirken ſein, wenn der Hebel fix, als wenn er mobil iſt. Daher bleiben z. B. Contracturen des Kniegelenkes, Klumpfüße, an denen man die entſprechenden Sehnen durchſchnitten hat, geheilt, während Kranke, denen man z. B. den Rectus internus getrennt, nicht ſelten nach 1 oder 2 Jahren von Neuem zu ſchielen beginnen.

Wenn ein Muskel zu ſehr verkürzt iſt, ſo werden wir dieſer ſeiner Neigung ebenfalls entgegenwirken, wenn wir ſeinen Antagoniſten ſtärker üben oder ihm häufigere Veranlaſſung geben, durch ſeine Contraction den zu ſehr zuſammengezogenen Theil zu überwinden. Ein energiſches Verfahren der Art wird ihn endlich zu ſeinem Normalverhältniſſe zurückführen. Er wird auf dieſem beharren, wenn nicht die früheren Gelegenheitsurſachen ſeine alten Beſtrebungen als Reminescenzen erneuern. Auf dieſem Principe beruhen die gymnaſtiſchen Uebungen, welche wir bei orthopädiſchen Leiden der Wirbelſäule, der Schulter u. dgl. in Gebrauch ziehen. Gewaltſame Zerrungen durch zu langes Anhängen an queren Stangen, durch zu ſtarke Spannung auf Streckbetten oder in anderen Maſchinen ſtehen eben ſo ſehr den Forderungen der Phyſiologie, als den Reſultaten der chirurgiſchen Erfahrung entgegen.

Wir combiniren beſtimmte Muskelgruppen durch den Einfluß des Ner- 809
venſyſtemes entweder willkürlich oder unwillkürlich, um gewiſſe Hebelbewegungen bewußt oder unbewußt zu erreichen. Inſtinkt und Gewohnheit leiten hierbei zu den zweckmäßigen Verbindungen. Manche derſelben, wie z. B. die Athembewegungen, der Herzſchlag, erfolgen periodiſch; andere, wie z. B. die Ortsveränderung des einen Auges ſympathiſch mit der des andern; noch andere, wie die des Darmes, nur nach gewiſſen äußeren Reizen, aber unbewußt, und endlich wieder andere, wie z. B. bei dem Schreiben, dem Gehen u. dgl. durch den Einfluß innerer Irritamente und bewußt. Der Grund dieſer ſämmtlichen Verſchiedenheiten, ſowie der urſprünglichen Combinationen ſelbſt liegt immer in den Erregungen, welche von den motoriſchen Nerven auf primärem oder ſecundärem Wege ausgehen. Aus dieſer Urſache gehört auch die nähere Betrachtung der ſämmtlichen genannten Erſcheinungen nicht hierher, ſondern in die Nervenphyſiologie.

Numeriſche Verhältniſſe der Muskelzuſammenziehung. — 810
Jede Muskelfaſer geräth ſelten und ſogar in der Regel nur unter krankhaften Nebenbedingungen in das Maximum ihrer Verkürzung oder Erſchlaffung. Meiſtentheils vielmehr ſpielt ſie in Mittelſtadien oder wenigſtens in Contractionsgrößen, welche von den beiden genannten Extremen mehr

oder minder fern ſtehen. Aus dieſem Grunde ſind auch die numeriſchen Mittelwerthe, welche hierbei zu Stande kommen, von größerem praktiſchen Intereſſe, obgleich ſie nicht diejenige Schärfe der Beſtimmungen und Folgerungen geſtatten, welche den Maximis und Minimis überall zukommen.

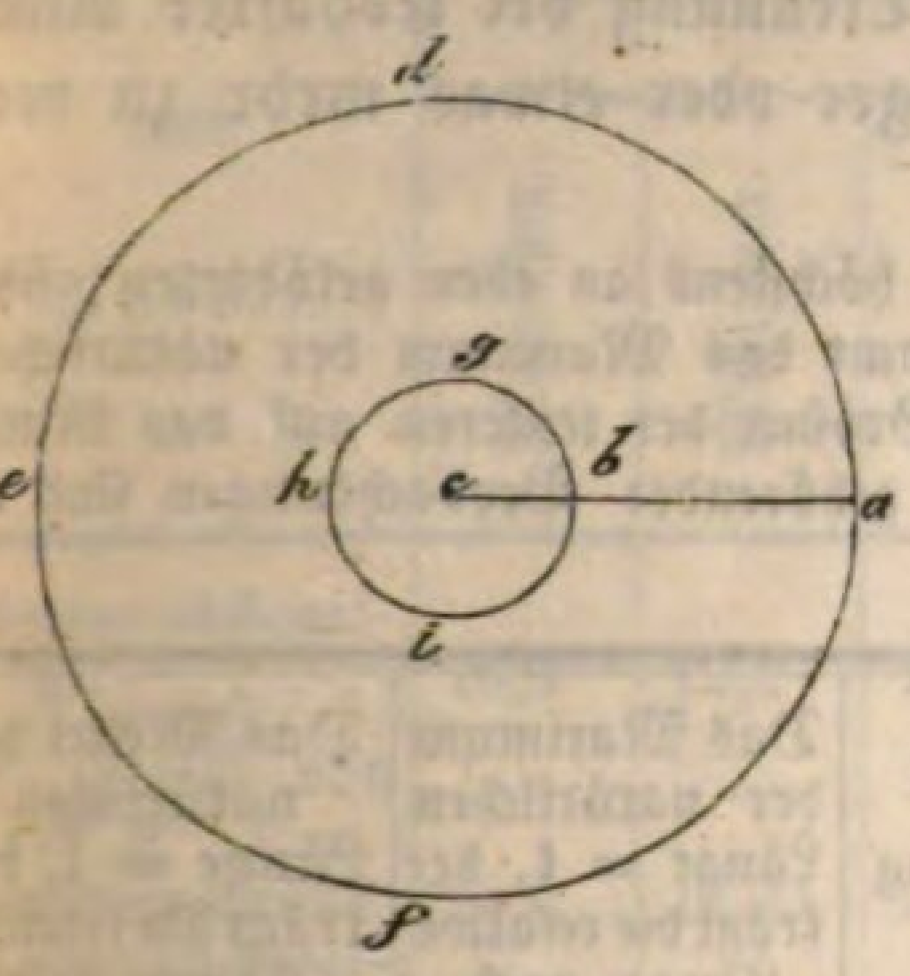
811 Alle quergeſtreiften äußeren Körpermuskeln ſind, während ſie ihre natürlichen Anheftungspunkte beibehalten, ſo bedeutender Contractions- und Erſchlaffungsgrade fähig, daß die Anordnung der Skelettheile weit eher Bewegungshinderniſſe entgegenſetzt, als der größte Werth der oben erwähnten Zuſtände erreicht iſt. Nehmen wir wieder die Sternocleidomastoidei als Beiſpiel. Bei einem kräftigen 23jährigen Manne betrug die Länge des linken Kopfnickers (von dem innern Anſatze der Portio sternalis an das Bruſtbein bis zum vordern Theile des Zitzenfortſatzes), wenn der Kopf möglichſt nach hinten gebogen war, 176 Millimeter. Die gleiche Diſtanz glich bei möglichſt geneigtem Kopfe 124 Millimeter. Das Verhältniß der Verkürzung war daher = 44 : 31 = 1 : 0,705, oder der Sternocleidomastoideus verlor hierbei im Maximum $^3/_{10}$ ſeiner Länge. War der Kopf möglichſt ſeitlich nach links und unten gewendet, ſo erhielt man für die oben genannte Entfernung 196 Millimeter. Im Maximum der ſeitlichen Biegung nach rechts und unten, nicht aber nach vorn, ergaben ſich für die gleiche Ausdehnung 114 Millimeter. Wir haben mithin ein Verhältniß =196:114=1:0,582, d. h. bei dieſer Bewegung verlor der Sternocleidomastoideus höchſtens etwas mehr als $^4/_{10}$. Allein ſchon bei Anſtellung dieſes Verſuches fühlt man deutlich, daß das Hinderniß, welches einer noch größern Verkürzung entgegenſteht, nicht in dem ſich zuſammenziehenden Sternocleidomastoideus, ſondern vorzüglich in den widerſtrebenden Knochen, Bändern und Muskeln liegt. Die gleiche Erfahrung läßt ſich an den graden Bauchmuskeln anſtellen. Bog daſſelbe Individuum den Oberkörper möglichſt zurück, ſo daß die Diſtanz von dem Processus xiphoideus bis zur Symphyſe der Schaambeine ihre größte natürliche Länge hatte, ſo glich die Entfernung 19,5 Centimeter, das Maximum der natürlichen Kürze betrug 97,5 Millimeter, ſo daß wir hier einen Verkürzungswerth von 0,5 haben.

Im menſchlichen Körper exiſtiren keine einfachen Muskeln, welche auf die eben geſchilderte Weiſe durch ſtarrere Hebel gehemmt würden. Bei dem Pferde findet dieſes zum Theil an dem Retractor penis Statt. Es fehlen jedoch noch genauere Meſſungen, welche den Verkürzungsgrad deſſelben im Leben beurtheilen ließen.

812 Die eben erwähnten Hinderniſſe der Zuſammenziehung fallen natürlich bei Muskeln, welche ein Rohr oder eine röhrige Oeffnung kreisförmig umſchließen, von ſelbſt hinweg. Zu dieſen gehören von quergeſtreiften Gebilden der Art die Sphincteren, vorzüglich der Sphincter ani externus, die Muskulatur des Pharynx und zum Theil des Oeſophagus, und von einfachen Faſerorganen der größte Theil des Nahrungsſchlauches, der Sphincter ani internus, die Blaſe, der Uterus nebſt den Tuben u. dgl. Iſt der Querſchnitt des Rohres ein Kreis, ſo wird ſich das Maximum der Erſchlaffung der Zirkelfaſern zu dem größten Werthe der Zuſammen-

ziehung derſelben, wie der Radius des Kreisdurchſchnittes bei größter Ausdehnung zu dem Halbmeſſer deſſelben bei der ſtärkſten Zuſammenziehung verhalten. Denn denken wir uns, daß eine Kreisfaſer adef circulär als Peripherie herumginge — eine Annahme, die bei dem ſpiraligen Verlaufe der Faſern nicht ſtreng richtig iſt — ſo haben wir, wenn c der Mittelpunkt des Kreiſes adef $= 2\,ca \times \pi$, für die Länge der Faſer adef $2\,ca \times \pi$. Zieht ſie ſich nun zu bghi zuſammen, ſo beträgt jetzt ihre Ausdehnung $2\,cb\,\pi$. Mithin ergiebt ſich adef:bghi $= 2\,ca \times \pi : 2\,cb \times \pi = ca : cb$. Bedenken wir nun, in welchem Maaße z. B. der Dünndarm ausgedehnt zu werden vermag, während er ſich anderſeits nicht ſelten dergeſtalt zuſammenzieht, daß in der ganzen Peripherie deſſelben ſein Lumen local verſchwindet, ſo müſſen wir finden, daß die Verkürzungsgröße der einfachen Muskelfaſern deſſelben ein ſehr hohes Maximum zu erreichen vermag. Wahrſcheinlich läßt ſich ohne Ueberſchätzung annehmen, daß der höchſte Grad der Längenverminderung $^6/_7$ und ſelbſt vielleicht mehr betragen kann.

Fig. 83.



Ein Stück Zwölffingerdarm einer 8 Tage alten menſchlichen Leiche, deſſen Geſammtwandung 1,25 bis 1,5 Millimeter dick war, hatte flach aufgelegt eine größte Breite von 75 Millim. Denkt man ſich das Darmſtück aufgeblaſen, ſo entſpricht dieſes einem Radius von $\frac{75}{\pi} = 23{,}873$ Millim. Nun wurde daſſelbe an dem einen Ende verſchloſſen und an dem anderen mit einer ungefähr 8 Decimeter langen Glasröhre feſt verbunden. Dieſe nebſt dem Darme wurden mit Waſſer vollkommen gefüllt und ſenkrecht und frei ſchwebend aufgehängt. Der Halbmeſſer des Darmes, welcher auf dieſe Weiſe $^3/_4$ Stunden lang einem bedeutenden Drucke ausgeſetzt war, hatte einen größten mittleren Werth von 28,5 Millimeter. Dieſer war mithin um 4,627 Millimeter oder 0,1938 oder beinahe $^1/_5$ ſeiner früheren Größe gewachſen. Nehmen wir nun auch an, daß die Dicke der Darmwand bei dem Maximum der Contraction der Muskelhaut verdreifacht werde, ſo haben wir dann eine Längenverminderung von $\frac{28{,}5}{4{,}125}$, d. h. ungefähr $^6/_7$ der Länge der möglichſten Ausdehnung gingen durch die ſtärkſte Contraction verloren.

Solche bedeutende Schwankungen folgen zwar bei der gewöhnlichen periſtaltiſchen Bewegung nicht unmittelbar auf einander; allein auch hier erſcheinen noch die Veränderungen verhältnißmäßig ſehr beträchtlich. In einem Darmſtücke des Kaninchens, welches in heftiger periſtaltiſcher Thätigkeit begriffen war, variirte der Durchmeſſer zwiſchen 3,5 und 1,125 par. Linie. Dieſes giebt ein Verhältniß von 1 : 0,3214, d. h. die Längenverminderung der Cirkelfaſern betrug ungefähr $^2/_3$. Bedenken wir nun, daß noch der Werth 3,5 von dem möglichen Maximum der Ausdehnung ſehr weit entfernt lag, ſo dürfte die obige Schätzung der Extreme nicht übertrieben erſcheinen.

Werden quergeſtreifte oder einfache Muskelfaſern, die noch reizbar 813
ſind, von ihren Anſatzpunkten getrennt, ſo verkürzen ſie ſich und zeigen alsdann die oben (§. 620) erwähnten knieförmigen Einknickungen. Iſt nur eine Anheftung durchſchnitten, ſo kommt nicht das Maximum der Längenverminderung zu Stande. Denn nach der Quertheilung des

andern Endes erfolgt eine zweite, obwohl häufig geringere Verkürzung. Allein ſelbſt Muskelfragmente der Art contrahiren ſich noch ferner, ſobald ſie z. B. galvaniſch gereizt werden. Eine Reihe von Beobachtungen lehrte, daß der Muskel nach beiderſeitiger Trennung bei lebhafter Reaction meiſt ¼ – ½ ſeiner Länge, ſelten weniger oder etwas mehr zu verlieren pflegt.

Solche Unterſuchungen müſſen an lebenden oder höchſtens an eben getödteten, ſehr reizbaren Thieren vorgenommen werden. Man beſtimmt das Maximum der natürlichen Längenausdehnung und Verkürzung und reducirt die Größen der letzteren auf das Mittel aus beiden oder auf die erſtere. Eine Reihe hierher gehörender Beobachtungen ſind in der folgenden Tabelle verzeichnet.

Thier und Muskel.	Natürliche Länge in pariſer Linien: Maximum.	Minimum.	Medium.	Länge nach der Trennung des: Anſatzes.	Urſprungs und Anſatzes oder beider Enden.	Das Maximum der natürlichen Länge = 1, beträgt die relative Länge nach Durchſchneidung des: Anſatzes.	Urſprungs und Anſatzes.	Das Mittel der natürlichen Länge = 1, beträgt die relative Länge nach Durchſchneidung des: Anſatzes.	Urſprungs und Anſatzes.
I. Junges Kaninchen, vom Munde bis zum After 10 Zoll lang:									
Gastrocnemius	16,75	15,5	16,125	14,5	11,87	0,866	0,709	0,899	0,736
Stück d. Rectus abdominis	—	—	26	23,9	16	—	—	0,919	0,615
II. Kurz vorher getödtetes Pferd [1]:									
Masseter . . .	—	—	12	—	5	—	—	—	0,417
Sternomaxillaris . . .	—	—	12	—	6	—	—	—	0,500
Pectoralis maj.	—	—	12	—	6	—	—	—	0,500
Longus colli .	—	—	12	—	6,5	—	—	—	0,542
Pectoralis latus	—	—	12	—	7	—	—	—	0,583
Latissimus dorsi	—	—	12	—	7,5	—	—	—	0,625
Hautmuskel	—	—	12	—	8	—	—	—	0,666
III. Froſch von 2″ 11‴ Länge des Kopfes u. Rumpfes:									
Scapularis . .	9	6,75	7,875	6	4	0,666	0,444	0,762	0,508
Flexor tibialis magnus . .	13,062	11,25	12,156	10,312	9,812	0,789	0,751	0,848	0,807
Semitendinosus	11,75	12,562	13,156	11,43	9,562	0,831	0,695	0,869	0,727
Gastrocnemius	13,0	11,62	12,31	10,812	9,71	0,832	0,747	0,878	0,789
IV. Froſch von 2″ 10½‴ L.:									
Gastrocnemius	13,5	12,2	12,85	10,9	9,9	0,807	0,733	0,848	0,770

[1]) Dieſe Beſtimmungen am Pferde rühren von Gerber her. Siehe de functionibus nervorum p. 132.

Thier und Muskel.	Natürliche Länge in pariſer Linien			Länge nach der Trennung des		Das Maximum der natürlichen Länge = 1, beträgt die relative Länge nach Durchſchneidung des		Das Mittel der natürlichen Länge = 1, beträgt die relative Länge nach Durchſchneidung des	
	Maximum.	Minimum.	Medium.	Anſatzes.	Urſprungs und Anſatzes oder beider Enden.	Anſatzes.	Urſprungs und Anſatzes.	Anſatzes.	Urſprungs und Anſatzes.
Rectus abdominis	16,5	12,1	14,3	10,0	8,5	0,606	0,515	0,699	0,594
V. Froſch von 2″ 8‴ L.:									
Gastrocnemius	13,5	12,25	12,875	10,5	9,8	0,777	0,726	0,816	0,761
Rectus abdominis	16,75	10,5	13,625	11,75	10,5	0,702	0,627	0,862	0,789
				Mittel .		0,764	0,661	0,840	0,643

Hierbei bilden die in den zwei erſten Rubriken verzeichneten Zahlen mit Decimalſtellen die Mittel aus mehrfachen Meſſungen der möglichſt ſtarken Beugung und Streckung.

Wir ſehen aber zuvörderſt, daß eine größere Verkürzung nach der beiderſeitigen, als der einſeitigen Durchſchneidung zu Stande kommt. Dieſes hat in einem zwiefachen Verhältniſſe ſeinen Grund. Denn 1) verliert hierdurch der Muskel ſeinen letzten ſtärkeren Widerſtandspunkt und 2) reizt jede Durchſchneidung local, ſo daß die zunächſt gelegenen Parthieen der Muskelfaſer knieförmig eingeknickt werden. Eben deshalb entfernen ſich auch noch häufig die Schnittränder einer Spalte, die wir an einem beliebigen Orte eines befeſtigten oder losgelöſten Muskels angebracht haben, mehr oder minder von einander.

Wir erhalten aber für die beiderſeitige Durchſchneidung, je nachdem wir die natürliche möglichſt große Ausdehnung oder das Mittel derſelben zum Grunde legen, folgende Werthe:

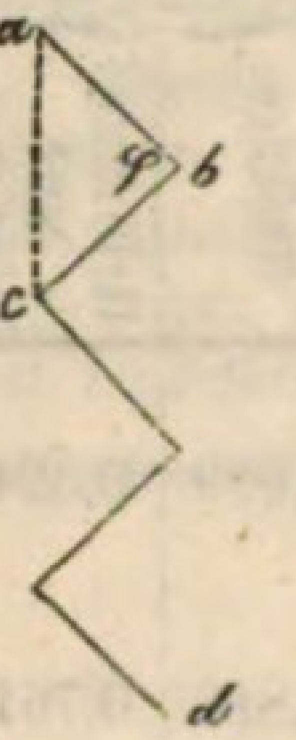
	Im Maximum	Im Minimum	Im Medium.
Die möglichſt große natürliche Ausdehnung = 1, beträgt die Verkürzung.	0,556	0,249	0,339
Das Mittel der natürlichen Ausdehnung = 1, gleicht dieſelbe	0,583	0,193	0,357

Prevoſt und Dumas kamen bei Fröſchen auf 0,23. Die obigen an Fröſchen angeſtellten Beobachtungen geben ein Mittel von 0,282. Alle dieſe Zahlen beziehen ſich auf die ſtabilen knieförmigen Einknickungen der Primitivfaſern. Wirken neue Reize ein, ſo arbeiten die Primitivfäden in der oben (§. 622) geſchilderten Weiſe momentan. Es entſteht auf dieſe Art eine neue augenblickliche Verkürzung, deren Werth im günſtigſten Falle auf ungefähr $\frac{1}{4}$ angeſchlagen werden kann.

Wir haben früher (§. 621) geſehen, daß es faſt unmöglich iſt, die einzelnen Winkel der Kniebiegungen der Muskelfaſern unter dem Mikroſkope ſicher zu meſſen. Bedenken wir nun, daß wir nicht im Stande ſind, ſehr große Strecken eingebogener Muskelfaſern ohne Verletzung derſelben der mikroſkopiſchen Beſtimmung zu unterwerfen, ſo hätte die Erforſchung des mittleren Winkels, unter welchem ſie einknicken, noch erheblichere Schwierigkeiten. Die obigen Zahlen aber geben uns eine Methode an die Hand, dieſes Problem durch Rechnung zu löſen. Nur wenn die Verkürzung in unvollkommenem Maaße er-

folgt, ſind die Schenkel einer und derſelben Einbiegung ſehr ungleich. Eben ſo weichen in dieſem Falle die ſucceſſiven Winkel einer und derſelben Faſer ſehr weſentlich von einander ab. Bei vollſtändiger Verkürzung findet in beiden Beziehungen eine größere Uebereinſtimmung, ja ſogar, wie z. B. die oben gegebene Fig. 13 (§. 620) zeigt, eine völlige Gleichheit Statt. Dieſe aber vorausgeſetzt, haben wir folgende Verhältniſſe. Geſetzt,

Fig. 84.



a b c d ſei die eingeknickte Muskelfaſer, ſo wird $ab + bc$ die urſprüngliche Länge $= m$ eines Einknickungstheiles ſein. Gleicht nun die Verkürzung n, ſo haben wir $ac = ab + bc - n = m - n$. Setzen wir nun $\frac{ab + bc + ac}{2} = p$, ſo haben wir $p = m - \frac{n}{2}$ und daher $p - ab = p - bc = \frac{m - n}{2}$. Es iſt daher $\sin. \frac{1}{2} \varphi = \sqrt{\left[\frac{\sin.^2 \text{tot.} \times \left(\frac{m-n}{2}\right)^2}{\frac{m^2}{4}}\right]} = \frac{m - n}{m} \sin. \text{tot.}$ Wird nun, wie dieſes bei allen in der obigen Tabelle verzeichneten Werthen der Fall iſt, $m = 1$, ſo haben wir $\sin. \frac{1}{2} \varphi = \sin. \text{tot.} \times (1 - n)$. Oder $\log. \sin. \frac{1}{2} \varphi = 10 + \log. (1 - n)$. Da nun $1 - n = d$ die Länge der verkürzten Muskelfaſer bezeichnet, ſo haben wir auch $\log. \sin. \frac{1}{2} \varphi = 10 + \log. d$.

Nehmen wir z. B. an, die Verkürzung betrage 0,292893, folglich die Länge der verkürzten Muskelfaſer 0,707107, ſo haben wir $\log. \sin. \frac{1}{2} \varphi = 10 + \log. 0{,}707107 = \log. \sin. 45^\circ$, d. h. der Winkel a b c wird gerade einen Rechten betragen, wenn die Schenkel des Winkels gleich groß ſind, keine ferneren untergeordneten Einknickungen beſitzen und die Größe der Verkürzung $^3/_{10}$, mithin die Länge der durchſchnittenen Muskelfaſer $^7/_{10}$ der unverletzten beträgt.

Berechnen wir nun unter den eben angeführten Vorausſetzungen die mittleren Einknickungswinkel der in der obigen Tabelle verzeichneten Hauptwerthe, ſo erhalten wir:

	Die möglichſt große natürliche Ausdehnung = 1 geſetzt.				Die mittlere natürliche Länge = 1 geſetzt.		
	Verkürzungswerth	Länge der verkürzten Muskelfaſer	Mittlerer Einknickungswinkel.		Verkürzungswerth	Länge der verkürzten Muskelfaſer	Mittlerer Einknickungswinkel.
Maximum . .	0,556	0,444	52°43′8″	Maximum . .	0,583	0,417	49°17′26″
Minimum . .	0,249	0,751	97°21′14″	Minimum . .	0,193	0,807	107°36′28″
Medium . . .	0,339	0,661	82°45′8″	Medium . . .	0,357	0,643	80°1′54″

Wir können daher im Allgemeinen annehmen, daß der mittlere Verkürzungswinkel ſehr reizbarer Muskelfaſern, welche an zwei Endſtücken durchſchnitten worden, wenn die Biegungsſchenkel gleich und mit keinen ſecundären Einknickungen verſehen ſind, zwiſchen 110° und 50° ſchwankt. Die durchſchnittlichen Declinationsgrade variiren daher von 70° bis 130°. Die Mittel der Verkürzungswerthe ſtehen 0,3, d. h. derjenigen Größe, welche gerade einem Rechten entſpricht, mehr oder minder nahe. Deutlich ſehen wir dieſes an dem Gastrocnemius, welcher in Betreff des Ausgangspunktes der Berechnung, nämlich der Beſtimmung des natürlichen Maximums der Ausdehnung die ſicherſte Baſis gewährt. Wir haben für ihn in der obigen Tabelle 0,709; 0,747; 0,733 und 0,726, alſo im Durchſchnitt 0,729. Dieſes entſpricht 93°36′18″. Der bei dem Kaninchen erhaltene Werth = 0,709 fordert 90°18′26″.

Aehnliche Verhältniſſe, wie bei den quergeſtreiften Muskelfaſern kehren auch bei den einfachen wieder. Bei einem Froſche z. B. betrug die Verkürzung der Längenfaſern der Muskelhaut des Magens, wenn man die unmittelbare Größe = 1 ſetzte, nach einſeitiger

Durchſchneidung 0,827 und nach beiderſeitiger 0,733. Legt man das Maximum der natürlichen Ausdehnung zum Grunde, ſo treten hier bisweilen ſehr hohe Werthe hervor. So z. B. betrug die Verkürzungsgröße des doppelt getrennten Retractor penis eines eben getödteten Pferdes nach einer Erfahrung von Gerber $^5/_6$, ſo daß das zwiſchen beiden Schnitten liegende Muskelſtück nur $^1/_6$ ſeiner natürlichen größtmöglichen Länge beſaß.

Die Schnelligkeit, mit welcher ſich ein Muskel zuſammenzieht und erſchlafft, kann unter verſchiedenen Verhältniſſen ſehr groß ſein. Vorzüglich gilt dieſes von Bewegungen, welche häufig vorkommen und beſonders eingeübt worden ſind. Bei dem Sprechen z. B. erfordert jeder Buchſtabe nur wenige Tertien. Die Zeit iſt im Allgemeinen bedeutender, wenn wir zuſammenhängende Proſa, als rhythmiſche Verſe raſch vortragen. Wir können z. B. einen uns geläufigen Hexameter, in welchem 45 auszuſprechende Buchſtaben vorkommen, ganz bequem und deutlich in 2 Secunden herſagen, ſo daß alſo auf jeden Buchſtaben $2^2/_3$ Tertie kommen. Theilten ſich Zuſammenziehung und Erſchlaffung gleich, ſo hätten wir $1^1/_3$ Tertie für jede Contraction. Manche Buchſtaben aber, wie z. B. r, erfordern eine Reihe enthaltender Vibrationen, ſo daß ſich jener ſo geringere Zeitraum noch bedeutend verkleinert. Dieſes muß auch bei verſchiedenen Arten des Geſanges, z. B. bei dem Trillern, Statt finden. Ein ſehr geübter Clavierſpieler kann den Zeigefinger in einer halben Minute 120 bis 200 Mal beugen und ſtrecken. Dieſes giebt für eine einzelne Beugung oder Streckung 15 bis 9 Tertien und mithin für eine Zuſammenziehung die Hälfte dieſer Werthe [1]). Aehnliche Verhältniſſe kehren bei dem Gehen wieder. Machte ein Soldat bei gewöhnlichem Marſche 75 Schritte in der Minute (§. 85), ſo kämen auf jede Beugung oder Streckung des Schenkels 23,7 Tertien. Für den Geſchwindſchritt mit 100 Schrittbewegungen haben wir 18 Tertien und für den Sturmſchritt mit 125 Schritten 14,4 Tertien. Allein alle dieſe Werthe verkleinern ſich noch bedeutend, weil die Flexoren ſowohl als die Extenſoren mehrere Mal zu verſchiedenen Zeiten in differentem Maaße in Anſpruch genommen werden. Der Rectus femoris z. B. hat hier ungefähr 4—5 Mal ſeinen Zuſtand zu ändern, ſo daß ihm bei dem Sturmſchritte für jede Modification ſeiner Länge nur 2,88 Tertien zukommen. Bedenken wir nun, daß Schnellläufer 3 bis 5 Mal ſo raſch fortkommen, ſo erhellt hieraus, daß eine Contraction des Rectus femoris im Maximum viel weniger als eine Tertie erfordert. 814

Aehnliche Beſtimmungen, welche den Menſchen, wie die Thiere betreffen, ſiehe bei Haller, Elementa physiologiae Tom. IV. p. 481—83. Aus der Höhe des Tones läßt ſich durch Rechnung finden, daß eine gejagte Stubenfliege 4000 Flügelſchläge in der Se-

---

[1]) Ein ausgezeichneter Clavierſpieler theilte mir in dieſer Beziehung nach ſeinen Verſuchen folgende Reſultate mit. Er vermochte, wenn die Finger zum Theil flectirt waren, die Hand im Ganzen 360, den Zeigefinger allein 320, den Mittelfinger 310, den iſolirten Ringfinger 180 und den kleinen Finger 320 Mal in einer Minute zu beugen und zu ſtrecken. Für Zeige-, Mittel- und Ringfinger zuſammen betrug der Minutenwerth 360, für die drei äußeren Finger 340, für den vierten und fünften 260 und für den zweiten und dritten 360. Wurde die Arbeit nur $^1/_2$ Minute hinter einander fortgeſetzt, ſo fielen die Reſultate noch günſtiger aus. In dieſem Falle konnte z. B. eben der Zeigefinger 120 bis 200 Mal innerhalb dieſer Zeit flectirt und extendirt werden.

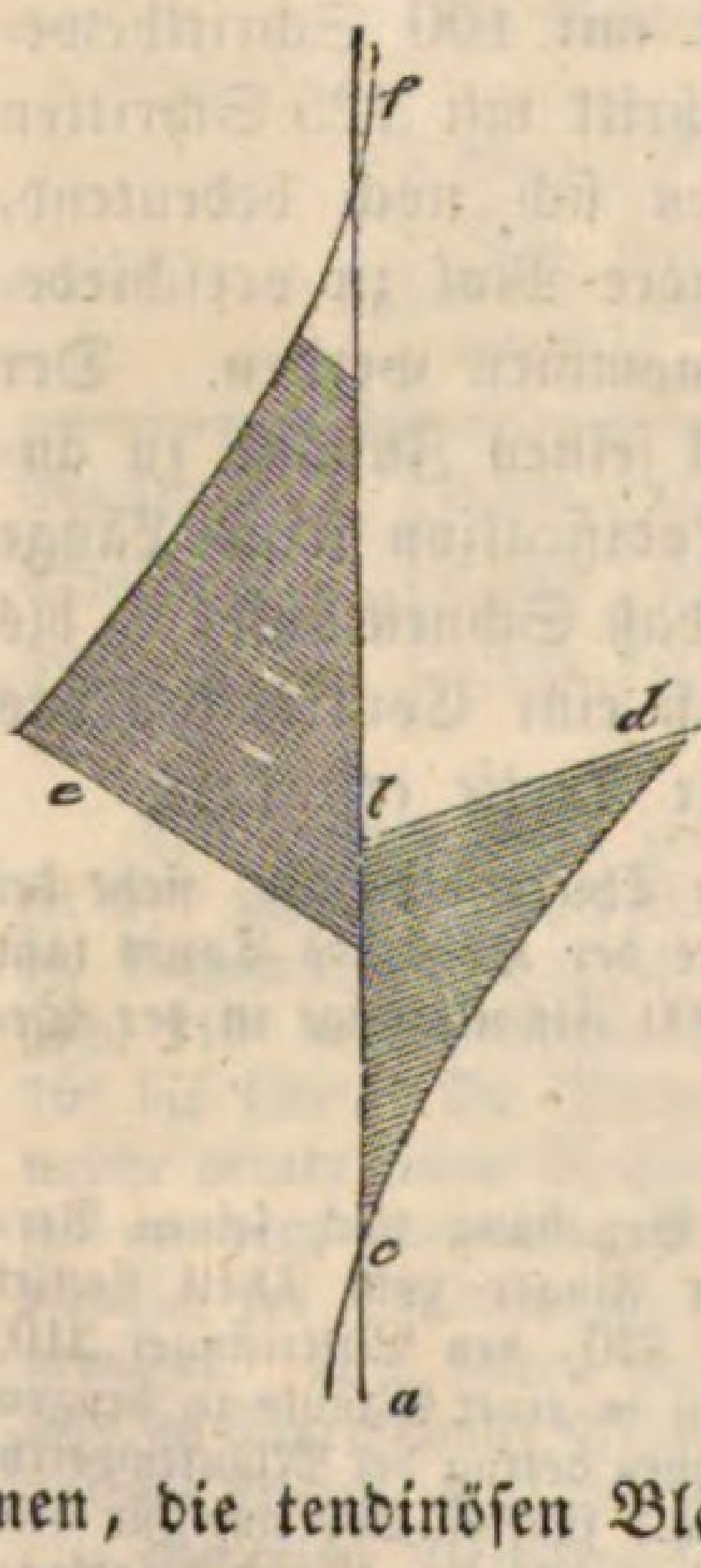
cunde macht und mithin die Beuger und Strecker 8000 Mal ihren Zuſtand verändern [1]). Dieſes giebt für eine einzelne Zuſammenziehung 0,0075 oder $^{3}/_{400}$ oder ungefähr $^{1}/_{133}$ Tertie.

Der Grund dieſer ſo bedeutenden möglichen Geſchwindigkeit der Muskelcontraction liegt einerſeits in der Schnelligkeit der Fortleitung des Nervenprincipes und anderſeits in der molecularen Beſchaffenheit der Zuſammenziehung ſelbſt. Denken wir uns, daß einmal der nervöſe Einfluß längs einer ganzen Muskelfaſer vertheilt iſt, ſo können ſich die Querſtreifen in jedem Punkte gleichzeitig einander nähern oder von einander entfernen. Eben ſo vermögen die Einknickungen in einem Augenblicke zu entſtehen und zu verſchwinden. Es wird daher nur das Minimum von Zeit, welches zu einer einzelnen Veränderung der Art nothwendig iſt, zu einer Geſammtcontraction erfordert. Daß aber die Leitung des Nervenprincipes eine außerordentliche Schnelligkeit beſitzt, werden wir in der Nervenphyſiologie ſehen.

815 Bezeichnen wir als **Kraft** eines Muskels die Intenſität, mit welcher ſeine Verkürzung, d. h. die Annäherung ſeiner Querſtreifen und die Bildung ſeiner Einknickungen, zu Stande kommt, ſo hängt dieſe einzig und allein von der Zahl, nicht aber von der Länge der Muskelfaſern ab. Die letztere beſtimmt bloß die Größe der Verkürzung, mit welcher die Kraft zu arbeiten im Stande iſt. Unter Vorausſetzung deſſelben Grades der Contractionsenergie kann eine Muskelfaſer, die 10 Centimeter lang iſt, nicht ſtärker arbeiten als eine ſolche, welche nur 1 Centimeter weit ſich erſtreckt. Jene wird dagegen eine 10 Mal ſo große Verkürzung hervorrufen. Halten wir dieſen Unterſchied feſt, ſo werden uns ſehr viele Anordnungen der Muskelfaſern, die uns ſonſt räthſelhaft bleiben, leicht erklärlich.

Wo die Natur kräftige Muskeln ſchafft, ſtellt ſie möglichſt viele Muskelfaſern her, und umgekehrt. Schon der eigenthümliche Verlauf der Sehnenausbreitungen dient zu dieſem Zwecke. Es geht z. B., wie wir zum Theil an den Wadenmuskeln ſehen, eine Sehne ab in der Mitte fort. Einerſeits aber erſtreckt ſich ein Sehnenblatt cd nach oben, während ſich von dem Urſprunge aus ein zweites ef an der entgegengeſetzten Fläche hinabzieht. Die Muskelfaſern verlaufen ſchief und meiſt ſymmetriſch von einem ſehnichten Theile zum andern. Es kann ſich auf ſolche Art eine größere Anzahl von ihnen anfügen. Ueberdies treten ſie auch, um ihre Zahl noch zu vergrößern, längs der Vorderfläche der Achillesſehne weit hinab. Wären ſie in einfacher gerader Richtung dahingegangen, ſo hätten ſie an Verkürzungsgröße gewonnen, an Kraft dagegen verloren, d. h. ſie wären in Zuſtände gerathen, welche den an ſie geſtellten Forderungen entgegengeſetzt geweſen. Ebenſo ſind die Zwiſchenrippenmuskeln, die meiſten der an der Wirbelſäule gelegenen Muskeln kurz, haben aber dafür möglichſt zahlreiche Muskelfaſern. Die Fortſetzungen der Sehnen, die tendinöſen Blätter u. dgl., welche ſich ſo häufig in einen Mus-

Fig. 85.



[1]) Muncke in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. V. Leipzig, 1830. 8. S. 975

kel hineinziehen, erfüllen ebenfalls den Zweck, einer größern Anzahl contractiler Faſern Anſatzpunkte zu gewähren. Sollen entfernte Stellen durch kräftige Muskeln verbunden werden, ſo werden die letztern dick und rund, ſchwellen in ihrer Mitte mehr oder minder bauchig an und erhalten durch ihre Sehnenſtränge und Sehnenüberzüge Anheftungsflächen von entſprechender Ausdehnung. Lange und ſchwache Muskeln dagegen ſind platt und haben entweder faſt gar keine Sehnen oder ſolche, die ſich nicht ſehr weit in ihre Muskelmaſſe erſtrecken. Belege erſterer Art finden wir z. B. an den größern Schenkelſtreckern, ſolche letzterer Gattung an dem Sternocleidomastoideus, Sternohyoideus, Sternothyreoideus, Hyothyreoideus, Sartorius, Gracilis u. dgl.

In welchem Maaße die Gewichte unter dieſen Verhältniſſen täuſchen können, mag folgendes Beiſpiel lehren. Bei dem ſchon mehrfach erwähnten Selbſtmörder wogen die beiden Abtheilungen des Gastrocnemius, des Soleus und des Plantaris der linken Seite nach Abzug der Sehnen 896,9 Grm., der Sartorius der Extremität dagegen unter den gleichen Bedingungen 203,69 Grm. Wollten wir annehmen, daß der letztere $\frac{203,69}{896,9} = 0,2271$ oder nur $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{5}$ Mal ſo ſchwach als die Wadenmuskeln wären, ſo kämen wir auf eine Folgerung, deren Unrichtigkeit ſogleich in die Augen ſpringt.

So ſicher es iſt, daß die Zahl der Muskelfaſern einen Maaßſtab für die Kraft derſelben abgiebt, ſo wenig wiſſen wir mit Beſtimmtheit, ob die verſchiedenen Durchmeſſer der einzelnen Faſern einen Einfluß auf die Energie derſelben ausüben. Theoretiſch ließe ſich ein ſolcher in Betreff der Annäherung der Querſtreifen allerdings vorausſetzen, weil in einer ſtärkeren Muskelfaſer eine größere Zahl von wirkſamen Primitivfäden vorhanden iſt.

Nach den eben erläuterten Verhältniſſen wäre es von Wichtigkeit, zu beſtimmen, wie viel Muskelfaſern ein Muskel enthalte. Bei den einfach oder doppelt gefiederten Muskeln gehört ſelbſt eine bloß approximative Schätzung wegen der ſehr ungleichen Länge der Faſern zu den Unmöglichkeiten. Dagegen ſind wir eher im Stande, bei platten oder plattrundlichen mit ihren Faſern gleichförmiger verlaufenden Muskeln befriedigendere Berechnungen anzuſtellen. Man bedient ſich hierbei folgender Methode, welche man für den angegebenen Zweck ſowohl bei friſchen, als bei älteren Muskeln gebrauchen kann.

Man beſtimmt zuvörderſt das Gewicht, das Volumen und die Länge eines ganzen platten, nicht complicirt ſehnichten Muskels oder eines aus ſeiner Mitte mit genau horizontalen Rändern herausgeſchnittenen Stückes. Hierauf bereitet man ſich aus den verſchiedenſten Stellen deſſelben mittelſt des Doppelmeſſers eine Reihe von Querſchnitten und beſtimmt in einer größeren Zahl von Beobachtungen, wie viele durch das Perimyſium geſchiedene Muskelfaſern auf einen Quadratmillimeter kommen. Beträgt dieſer Werth n, iſt die in Millimetern ausgedrückte Länge = m und das in Cubikmillimetern gegebene Volumen = o, ſo haben wir für den Querſchnitt $\frac{o}{m}$ Quadratmillimeter und mithin $\frac{o \cdot n}{m}$ Muskelfaſern. Dieſe Methode würde ganz genaue Reſultate liefern, wenn nicht zwei Umſtände ihren Werth herabſetzten. 1) Sind die Muskelfaſern ſelbſt ungleich groß und 2) erzeugen vorzüglich die ſtärkeren Blätter des Perimyſium ſehr leicht bei den Zählungen erhebliche Störungen, ſo daß die Mittel von ihrer ſonſtigen Sicherheit viel verlieren. Solche Unterſuchungen liefern daher ſelbſt bei der größten Genauigkeit bloße vertrauenswerthe Schätzungsreſultate.

Der Erläuterung wegen wollen wir ein ſpecielles Beiſpiel anführen:

Sartorius der rechten Seite eines kräftigen 22jährigen Mannes, der an Milzentzündung verſtorben war. Gewicht des ſchon mürben Muskels 145,6 Grm. Länge deſſelben 5 Decimeter. Volumen des unterſuchten Stückes 6920 Cubikmillimeter [1]. Länge deſſelben im Mittel aus 10 Meſſungen 18,91 Millimeter. Folglich mittlerer Querſchnitt 365,944 Quadr. Millim. Im Mittel aus 19 Muskelfaſer-Querſchnitten ergaben ſich 286,33 Muskelfaſern auf 1 Quadr. Millim. Es kämen hiernach auf den Sartorius im Ganzen 104780 oder ungefähr ein Mal Hunderttauſend Muskelfaſern.

816 Nach dem eben erörterten Begriffe von Kraft der Muskeln brauchen ihre Faſern ſelbſt im Zuſtande der vollkommenſten Erſchlaffung keine ſo bedeutende abſolute Feſtigkeit, wie ſie den paſſiven von ihnen gezogenen oder ſonſt belaſteten Bewegungsorganen nothwendig war, zu beſitzen. Dieſes beſtätigt auch die Erfahrung. Wir haben z. B. ſchon früher (§. 33) geſehen, daß in einer 8 Tage alten Leiche die Sehne des Palmaris für denſelben Durchmeſſer ungefähr 11½ und die des Plantaris 17½ Mal ſo ſtark als der Sartorius war. Der letztere erſchien 10,165 Mal ſo ſchwach, die Sehne des Palmaris dagegen 1,2; die des Plantaris 1,72 Mal ſo feſt, als ein guter zum Bauen gebrauchter Hanfſtrick. Nach älteren Erfahrungen [2] trugen die iſolirten Kapſelbänder des Metatarſus des Kalbes 119 Pfd., das bloße Perioſt 413 Pfd. und das des Daumens allein 100 Pfd. Das Band an dem Tarſusgelenke hielt 830 Pfd. aus. Nach den früher (§. 33) gegebenen Berechnungen vermag die Achillesſehne des Menſchen einer Laſt von 800 — 900 ſichern Widerſtand zu leiſten.

817 Die Berechnung der abſoluten Kraft eines Muskels unterliegt deshalb ſehr vielen Schwierigkeiten, weil faſt nie das Maximum der Energie entwickelt wird. Man kann daher die Beſtimmungen nur für gewiſſe Zuſtände oder Einzelfälle liefern. Ebenſo iſt jede Reduction auf 1 Grm. Muskelſubſtanz oder auf eine Muskelfaſer nur für jeden einzelnen Muskel gültig, weil die Länge, die Zahl und die Anheftung der Faſern an die Sehnen und dieſer an die Knochen nach den verſchiedenen Muskeln wechſelt. Ja ſogar der Angriffspunkt der Sehnen ſelbſt ändert ſich häufig nach der Differenz der Stellungen, welche ein Glied einnimmt. Hiernach können alle Beſtimmungen der Art nur für ſehr detaillirte Verhältniſſe ihre volle Gültigkeit haben. Unter dieſen Beſchränkungen aber läßt ſich z. B. darthun, daß die Wadenmuskeln bei dem Stehen auf einem Fuße im erſten Momente des Emporhebens des Körpers eines ſehr kräftigen unbelaſteten Mannes unter günſtigen Hebel- und Winkelverhältniſſen relativ ungefähr 60 Mal ſo viel, als ihr Gewicht beträgt, ziehen, während der Deltoideus, der unter ſehr widrigen Bedingungen der Hebel und Winkel arbeitet, nur dem 64fachen ſeines Gewichtes das Aequiliber halten kann, ſobald z. B. die Hand des gerade ausgeſtreckten Armes mit 25 Kilogr. beſchwert iſt. Da aber die phyſikaliſchen Nebenbedingungen bei beiden Muskeln ſehr verſchieden, ja entgegengeſetzt ſind, ſo verſteht es ſich von ſelbſt, daß die wahren, abſoluten Kraftwerthe von dieſer relativen ſehr weſentlich abweichen müſſen.

---

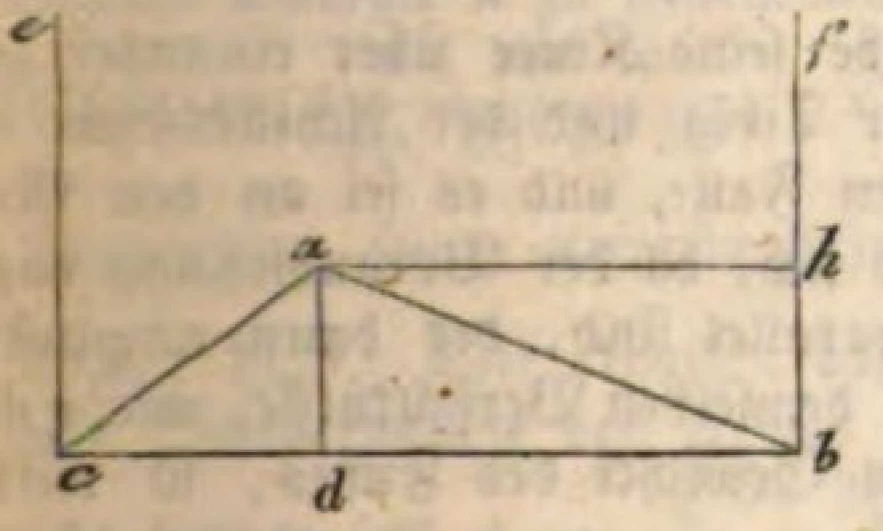
[1]) Der größeren Genauigkeit wegen wurde der Umfang nicht durch Meſſen, ſondern durch Wägen des Volumenwaſſers beſtimmt.

[2]) Alb. ab Haller Elementa Physiologiae. T. IV. Lausannae, 1762. 4. p. 442.

Verſuchen wir zuvörderſt die Berechnungen an den Wadenmuskeln und dem Gastrocnemius, ſo weit es angeht, ſpecieller zu verfolgen. Bei dem mehrfach erwähnten 34jährigen Selbſtmörder von coloſſaler Statur wog die bloße Muskelmaſſe des Gastrocnemius an der linken Seite 460,47 Grm., die des Soleus 422,59 und die des Plantaris 13,84 Grm. Wir haben mithin für alle an dem Ferſenbeine ziehenden Muskeln 896,90 Grm. Nehmen wir nun an, jenes Individuum habe 70 Kilogramm gewogen — ein Werth, der eher zu klein als zu groß ſein dürfte —, ſo überwand 1 Grm. Wadenmuskeln, wenn der Menſch auf einem Fuße ſtehend die Ferſe emporzuheben begann, außer dem nicht in Rechnung gebrachten Gewichte des Fußes von der Ferſe bis zu dem Anfange der Zehen, $\frac{70000}{896,9} = 78,05$ Grm., d. h. alſo mit dem Fuße circa 80 Mal ſo viel, als das Gewicht der Muskelſubſtanz betrug. Der Deltoideus der rechten Seite glich 448,05 Grm., der der linken 443,77 Grm. Wir haben daher im Durchſchnitt 445,91 Grm. Hielt der Mann mit ausgeſtrecktem Arme an dem Handfingergelenke 25 Kilogr. — was, wie wir §. 82 geſehen, ſchon das Maximum iſt —, ſo entſprächen, wenn wir das Gewicht der oberen Extremität zu 3,8 Kilogr. anſchlagen, 1 Grm. Deltoideus $\frac{28800}{445,91} = 64,587$ Grm. Laſt. Wir würden aber ſehr irren, wenn wir dieſe Werthe mit den abſoluten Kräften, welche von den genannten Muskeln unter den obigen Verhältniſſen ausgeübt worden, verwechſelten. Vielmehr müſſen wir, um dieſe wenigſtens ungefähr zu beſtimmen, folgende Betrachtung anſtellen.

Stehen wir auf einem Fuße und ruht die Laſt des Körpers ſo auf der Tibia, daß die Gravitationslinie durch den Drehpunkt des Schienbein-Sprungbeingelenkes geht, ſo können wir uns als Vorbereitung eine einfache Rechnung aufſtellen. Geſetzt, a ſei der in dem Calcaneus liegende Drehpunkt, b der mittlere Drehpunkt der Metatarſusfußgelenke und b c eine horizontale Linie, welche an dem hinteren Theile des Ferſenbeines von der Verlängerung des mittleren Anſatzes der Achillesſehne e c bei c getroffen wird, es bilde mithin e c b einen rechten Winkel und c b liege annahmsweiſe horizontal, ſo haben wir urſprünglich, wenn der Menſch auf dem Fuße ſteht und ſeine Ferſe emporzuheben beginnt, einen Winkelhebel, der in b ſeinen Drehpunkt, in a ſeine Laſt = g und in c ſeine Kraft = k beſitzt. Da aber die Richtung der Schwere von a aus ſenkrecht in a d hinabgeht, folglich a d b = e c b iſt, ſo greifen Kraft und Laſt unter analogen Verhältniſſen und nur in entgegengeſetzten Richtungen an. Denn es iſt vollkommen das Gleiche, als hätten wir den graden horizontalen Hebelarm c d b, der in b ſeinen Drehpunkt, in d ſeine Laſt g und in c ſeine Kraft k hat. Das Kraftmoment von c a iſt c d, das von a b wird zu a h. Da aber a h = d b, ſo wird Gleichgewicht herrſchen, wenn $k \times cb = g \times db$ iſt. Mithin muß $k = \frac{g \times db}{cb}$ ſein.

Fig. 86.



An einem durchſägten linken Fuße eines Erwachſenen war a b = 12,7 Centimeter, a c = 6,9 C. und c b = 16,9. Es verhielt ſich mithin a b : a c = 1 : 0,54 und a b : c b = 1 : 1,33. An einem anderen Fuße eines Erwachſenen und an dem natürlichen Skelette eines Knaben ergab ſich ſogar a b : a c = 1 : 0,50. Nehmen wir daher an, daß ſich im vollkommenen Normalzuſtande a c : a b : b c = 3 : 6 : 8 verhalte, ſo wird $p = \frac{ac + ab + bc}{2} = 8,5$ ſein. Wir haben daher $\log. \sin. \frac{1}{2}\, cab = \frac{20 + \log. 5,5 + \log. 2,5 - \log. 18}{2}$ und $\log. \sin. \frac{1}{2}\, acb = \frac{20 + \log. 5,5 + \log. 0,5 - \log. 24}{2}$. Es iſt daher:

$$\angle\, cab = 121^\circ\, 51'\, 20''$$
$$\angle\, acb = 39^\circ\, 34'\, 16''$$
$$\angle\, abc = 18^\circ\, 34'\, 24''$$

d. h. der Winkel iſt ſo ajuſtirt, daß ſeine beiden Schenkel unter einander unter ungefähr $\frac{1}{3}$, der kürzere Schenkel mit der Baſis unter circa $\frac{1}{9}$ und der längere Schenkel mit

der Grundlinie unter ungefähr $\frac{1}{18}$ von vier Rechten geſtellt erſcheint. Wir erhalten alſo urſprünglich lauter natürliche Winkel.

Nun haben wir in dem rechtwinkeligen Dreiecke a d c die Seite $ac = 3$, den Winkel $acd = 39^\circ 34' 16''$. Es iſt mithin $cd = 3 \cos. 39^\circ 34' 16'' = 2{,}313$, und ebenſo zeigt ſich in dem Dreiecke a d b die Seite $ab = 6$ und der Winkel $abd = 18^\circ 34' 24''$. Mithin $db = 6 \cos. 18^\circ 34' 24'' = 5{,}688$. Es verhält ſich daher $cd : db = 1 : 2{,}46$.

Wenn wir nun die Correctionsverhältniſſe, welche wegen des Schwerpunktes des Fußes von der Ferſe bis zu den Metatarſus-Zehengelenken und des Gewichtes der Zehen nothwendig würden, außer Acht laſſen, ſo arbeitet die Körperlaſt = 70000 Grm. mit einem Hebelarme = 5,688, während die 896,9 Grm. ſchweren Wadenmuskeln mit einem ſolchen von 8 thätig ſind. Wir erhalten daher für das Gleichgewicht $896{,}9 \times 8 = 70000 \times 5{,}688$. Oder für 1 Grm. Wadenmuskel $\frac{70000 \times 5{,}688}{896{,}9 \times 8} = 55{,}491$, d. h. der nicht ferner belaſtete Menſch wird auf einem Fuße ſtehend ſeine Ferſe emporheben können, wenn ſeine Wadenmuskeln mit ſolcher Energie contrahirt ſind, daß ſie mehr als $55\frac{1}{2}$ Mal ſo viel, als ſie ſchwer ſind, ziehen.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß dieſes noch lange nicht das Maximum iſt, welches die Wadenmuskeln unter den angegebenen Verhältniſſen auszuhalten im Stande ſind. Ein ſtarkes Individuum kann noch mit 150 Kilogr. belaſtet ſein und nichts deſto weniger auf einem Fuße ſtehen und die Ferſe etwas emporziehen. Für dieſen Fall haben wir dann unter den oben angenommenen Verhältniſſen für 1 Grm. Wadenmuskel $\frac{220000 \times 5{,}688}{896{,}9 \times 8} = 174{,}4$, d. h. um die Ferſe zu heben, müſſen die Wadenmuskeln mehr als $174\frac{1}{2}$ Mal ſo viel überwinden als ſie ſelbſt wiegen. Auch dieſer Werth iſt noch, wie wir bald ſehen werden, von dem Maximum, deren ſie möglicherweiſe fähig ſind, weit entfernt.

Denken wir uns aber z. B., derſelbe Menſch habe ſeine Kniee über einander geſchlagen, der Fuß befinde ſich zur Horizontalebene, zur Tibia und der Achillesſehne in denſelben Verhältniſſen, wie in dem eben angenommenen Falle, und es ſei an den Metatarſuszehengelenken ein Gewicht g angebracht, ſo wird ſich, da der Vorausſetzung nach c e, d a und b h auf c b ſenkrecht ſtehen und einander parallel ſind, der dann ungünſtigere Krafthebel der Wadenmuskeln zu dem Laſthebel in demſelben Verhältniſſe, wie $cd : db = 1 : 2{,}46$ befinden. Abſtrahiren wir von dem Gewichte des Fußes, ſo wird, wenn $g = 70000$ Grm. wäre, 1 Grm. $\frac{2{,}46 \times 70000}{896{,}9} = 191{,}99$ Mal ſo viel als es wiegt, ziehen müſſen, um das Gleichgewicht zu erhalten, mithin relativ mehr als bei dem Stehen und einer Belaſtung von 300 Pfd. Für 220 Kilogr. Laſt hatten wir für 1 Grm. Wadenmuskel 603,41 Grm. Gewicht.

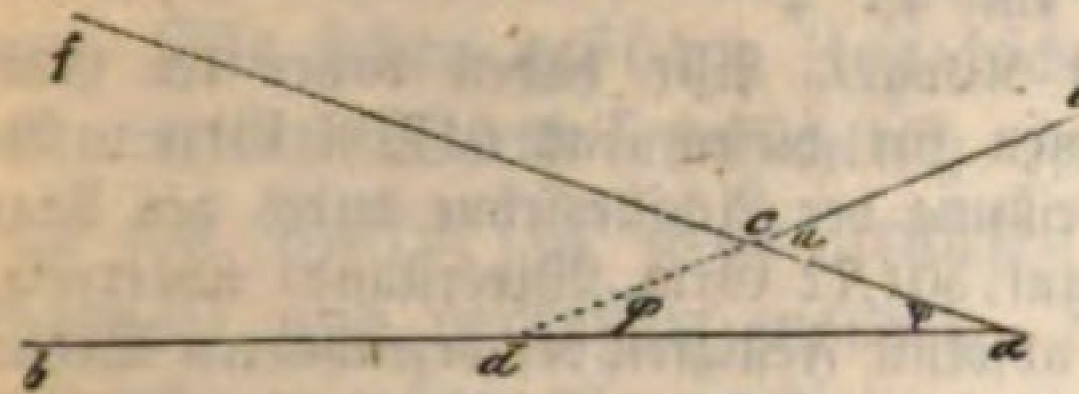
Unter den gewöhnlichen Verhältniſſen wird wohl ohne Zweifel die letztere Forderung die Kraft des Gastrocnemius, Soleus und Plantaris überſchreiten. Allein keineswegs liegt ſie ſehr weit von den möglichen Grenzen, die wenigſtens unter pathologiſchen Verhältniſſen eintreten können, entfernt. Wir wiſſen, daß die krampfhaft zuſammengezogenen Wadenmuskeln die Achillesſehne zerreißen können. Nehmen wir an, daß die letztere ſelbſt ſchon bei 900 Pfd. berſtet, ſo haben wir hier, abgeſehen von der ſchiefen Anfügung der Muskelfaſern, keinen weiteren Kraftverluſt. Auf 1 Grm. Wadenmuskel kommen dann $\frac{450000}{896{,}9} = 501{,}72$ Grm. Laſt. Ob vielleicht in ſolchen Fällen die Geſchwindigkeit der Zuſammenziehung einen Theil der urſprünglich angewendeten Kraft erſetze, ſteht dahin.

Die Berechnung der Verhältniſſe des Deltoideus ſtößt deshalb auf Schwierigkeiten, weil ſich der Angriffspunkt ſowohl als der Kraftwinkel nach bloßen Mittelwerthen, die immer ein ſubjectives Gepräge haben, beſtimmen laſſen. Denken wir uns, der Menſch ſtehe oder ſitze aufrecht. Der geſtreckte Arm ſei horizontal gerichtet und bilde mit dem Rumpfe in der Schulter einen rechten Winkel. Es ſoll nun die Laſt gefunden werden, welcher der Deltoideus unter dieſen Verhältniſſen das Gleichgewicht halten muß.

Um die nöthigen Vordata zu gewinnen, wurde der unverſehrte Oberarm eines 29jährigen Mannes aus der Schulter gelöſt und deſſen Schwerpunkt beſtimmt. Dieſer fiel etwas unter der Ellenbogenbuge. Jetzt wurde der Humerus der Länge nach in ſeiner

Mitte durchſägt, ausgeſtreckt und der Deltoideus in ſeine möglichſt natürliche Lage für den oben erwähnten Zuſtand gebracht. Bezeichnet a den Drehpunkt des Oberarmes und b den Schwerpunkt der ganzen oberen Extremität, ſo bildete a b den Laſthebel. Die Sehne des Deltoideus wurde dann halbirt und die mittlere Richtung ihrer Faſern e c fortgeſetzt, bis ſie die Linie a b in dem Punkte d traf. Es war mithin a d der Krafthebel des Deltoideus. Durch unmittelbare Meſſung mit dem Transporteur fand ſich, daß der Angriffswinkel c d a = φ = 28° ausfiel. Um jedoch alle Data noch genauer zu haben, wurden folgende Linien beſtimmt: a b = 28,8 Centimeter, a d = 11,9 C., a c = 8,3 C. und c d = 4,4 C. Wir haben hiernach $\frac{ac + cd + ad}{2}$ = 12,3 C. Es iſt mithin $\log.\sin.\,{}^1/_2\,\varphi = \frac{20 + \log.7{,}9 + \log.0{,}4 - \log.4{,}4 - \log.11{,}9}{2}$ = log. sin. 14° 13′ 16″. Wir erhalten mithin φ = 28° 26′ 32″, d. h. einen Werth, welcher mit dem Reſultate der unmittelbaren Meſſung ſehr gut ſtimmt. Für den Winkel c a d = ψ ergiebt ſich $\log.\sin.\,{}^1/_2\,\psi = \frac{20 + \log.4 + \log.0{,}4 - \log.8{,}3 - \log.11{,}9}{2}$ = log. sin. 7° 18′ 44. Alſo ψ = 14° 37′ 28″. Es iſt daher der Winkel e c a, den wir ſpäter brauchen werden, = μ = 43° 4′ 0″.

Fig. 87.



Bei dem Aufheben des unbelaſteten Armes in der oben erwähnten Stellung verliert der Deltoideus ſowohl wegen des ſchiefen Anſatzes unter dem Winkel φ, als wegen der Kürze des Hebelarmes a d an Kraft. In erſterer Beziehung verhält ſich ſeine urſprüngliche Energie k zu ſeinem Kraftmomente n = sin. tot. : sin. 28°26′32″. Wir haben mithin $k = \frac{n\,.\,\sin.\,\text{tot.}}{\sin.\,28^\circ 26' 32}$. Der ungünſtigen Hebellängen wegen ergiebt ſich ferner die Proportion ſeiner urſprünglichen Kraft k zu der Kraft $k\,\frac{\sin.\,\text{tot.}}{\sin.\,28^\circ 26' 32''}$ = a b : a d = 28,8 : 11,9. Wir erhalten daher für die Totalkraft des Deltoideus d, wenn ſie der in dem Schwerpunkte des Armes concentrirten Laſt der oberen Extremität g das Gleichgewicht halten ſoll, $d = \frac{g \times 28{,}8 \times \sin.\,\text{tot.}}{11{,}9 \times \sin.\,28^\circ 26' 32''}$. Nehmen wir z. B. an, der ganze Arm wiege 3,8 Kilogr., ſo muß der Deltoideus, wenn er allein den Arm in der oben erwähnten horizontalen Lage erhalten ſoll, mit einem Werthe von 19,31 Kilogr. arbeiten. Seine Kraft wird daher 5,0815 oder ungefähr 5 Mal ſo groß, als die Laſt des Armes ſein müſſen. Wäge aber ſeine Muskelſubſtanz 445,91 Grm., ſo käme auf 1 Grm. $\frac{19310}{445{,}91}$ = 43,305 Grm. Wie es hiernach ſcheint, müßten dann die Muskelfaſern bei horizontaler Ausſtreckung des Armes eine proportionell zu ihrem Gewichte faſt eben ſo große Laſt tragen, als die Wadenmuskeln in dem erſten Momente des Aufhebens der Ferſe bei dem Stehen auf dem einen Fuße. Allein wir dürfen, um die Unrichtigkeit dieſes Schluſſes einzuſehen, nicht vergeſſen, daß die Muskelfaſern des Deltoideus außer dieſer Berechnung faſt gar nichts verlieren, weil ſie meiſtentheils in der Richtung ihrer Sehnenfaſern fortgehen. Die der Wadenmuskeln dagegen, vorzüglich des Soleus, ſetzen ſich vorherrſchend ſchief an die Achillesſehne, ſo daß hierdurch ein weit größerer urſprünglicher Kraftaufwand nöthig wird.

Wir haben früher (§. 82) wahrgenommen, daß das Maximum der Laſt, welcher ein kräftiger Turner bei völlig ausgeſtrecktem horizontalen Arme das Gleichgewicht halten kann, 25 Kilogr. beträgt. Denken wir uns, dieſe ſei an den Metacarpus-Fingergelenken nach außen angebracht, ſo daß die von dieſem Punkte nach dem Drehpunkte des Oberarmes gezogene gerade Linie a f, welche zum Theil außerhalb des Armes fällt, zugleich durch den Punkt c geht — eine Forderung, die bei mehr einſeitiger Anfügung der Laſt an die Hand realiſirt ſein kann. Der Laſthebel a f betrug an dem oben erwähnten Arme 58 Centimeter. Der Krafthebel wird dann a c = 8,3 C. und der Angriffswinkel des Deltoideus = e c a = 43° 4′ 0″. Hängt z. B. die Laſt an einem beweglichen Ha-

ken und liegt af horizontal, ſo wird jene bei f ſenkrecht angreifen. Wir erhalten aber hiernach für die urſprüngliche Wirkung des genannten Muskels, wenn dieſer zunächſt das Gleichgewicht erhalten ſoll, $d = \frac{25 \times 58 \times \text{sin. tot.}}{8,3 \times \text{sin. } 43^0\ 4'} = 255,84$ Kilogr. Dazu kommt noch das Gewicht des Armes = 19,31 Kilogr. Wir haben daher im Ganzen 275,15 Kilogr. Auf 1 Grm. Deltoideus kämen für dieſen Fall 617,06 Grm. Wenn aber dieſer Werth denjenigen, welcher bei Zerreißung der Achillesſehne durch den Krampf der Wadenmuskeln reſultirte (1 Grm. Muskel auf 501,72 Grm. Widerſtand) übertrifft, ſo dürfen wir nicht unberückſichtigt laſſen, daß die abſolute Feſtigkeit der bezeichneten Sehne zu einem verhältnißmäßig kleinen Werthe angeſchlagen worden und daß die urſprüngliche Kraftanſtrengung der Faſern des Gastrocnemius, Soleus und Plantaris weit größer ſein muß, weil ſich die meiſten ihrer Muskelfaſern ſehr ſchief an die Achillesſehne anſetzen. Betrüge der Anheftungswinkel im Durchſchnitt auch nur 45° — was eine viel zu große Neigung ſein dürfte — ſo würde die abſolute Kraft der Wadenmuskeln 1,4142 oder ungefähr 1½ Mal ſo groß, als ſie an der Achillesſehne erſcheint, ausfallen. Ueberdies iſt noch die Verſchiedenheit der Länge der Muskelfaſern, welche mit den auf 1 Grm. reducirten Laſtgrößen in umgekehrtem Verhältniſſe ſteht, zu berückſichtigen.

Da das mittlere ſpeciſiſche Gewicht der Muskeln 1,064 beträgt (§. 31), ſo hatte der Deltoideus ein Volumen von $\frac{445,91}{1,064} = 419,089$ Cubikcentimeter. Glich nun die durchſchnittliche Länge ſeiner Muskelfaſern 18 Centimeter und gingen 320 derſelben auf einen Quadratmillimeter, ſo war ihre Geſammtzahl $\frac{419089 \times 320}{18} = 7450460$. Eine Muskelprimitivfaſer wog hiernach im Durchſchnitt 0,00005985 Grm. oder ungefähr $^1/_{20}$ Milligramm. Sie trug bei horizontal aufgehobenem unbelaſteten Arme 0,002592 oder circa 2 Milligramm, in dem Maximum ihrer natürlichen Kraftanſtrengung dagegen 0,03693 Grm. oder ungefähr 3 bis 4 Decigramm.

Aeltere und neuere Phyſiker [1]), welche ebenfalls den Deltoideus zum Gegenſtand ihrer Berechnungen wählten, erhielten für die urſprüngliche abſolute Kraft des Muskels zu große Reſultate, weil ſie nicht ganz richtige anatomiſch-phyſikaliſche Grundwerthe vorausſetzten. Statt den Anſatzwinkel auf den des idealen mittleren mathematiſchen Hebels zu reduciren, betrachteten ſie als ſolchen die Neigung der Anheftung des unterſten Theiles der Sehne des Deltoideus an den Oberarmknochen. Sie wählten daher ſtatt 28° nur 10°. Dieſes giebt aber für die abſolute Kraft ein Verhältniß sin. 10° : sin. 28° = 1 : 2,703, d. h. die urſprüngliche Kraft des Deltoideus muß dann der Rechnung nach drei Mal zu groß ausfallen. Desgleichen iſt es viel zu bedeutend, wenn Borelli und Muncke das Hebelverhältniß für die Belaſtung am Ellenbogen (nach der Sinusreduction?) = 1 : 14 oder Muſchenbock für die Beſchwerung an den Fingern = 1 : 33 vorausſetzen.

818 Abſtrahiren wir von den durch verſchiedenartige Uebung vielleicht bedingten Verſtärkungen der Contractionsenergie, ohne daß die Zahl der Muskelfaſern proportionell zunimmt, ſo läßt ſich als theoretiſch wahrſcheinlich annehmen, daß jede Muskelfaſer eines und deſſelben Individuums dieſelben möglichen Kraftgrenzen habe. Hiernach würden die abſoluten Kraftgrößen der Muskeln von der Zahl und den Anfügungswinkeln der Faſern abhängen.

819 Zieht ſich ein einzelner Muskel zuſammen, ſo haben wir in Betreff der Zeitfactoren dreierlei Werthe zu unterſcheiden, nämlich 1) die Zeitdauer a, während welcher er zu dem actuellen Maximum ſeiner Contractionsenergie gelangt, 2) diejenige b, die er in dieſem Zuſtande verharrt, und 3) die c, welche er nöthig hat, um in ſeinen frühern Erſchlaffungsgrad zurückzukehren. Multipliciren wir dieſe Werthe mit der abſoluten

---

[1]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. V. 1830. 8. S. 977—78.

Kraftgröße k, die er an und für ſich beſitzt, ſo muß kabc einen Ausdruck für die Anſtrengung x geben. Man ſieht aber leicht, daß x durch jeden dieſer Factoren, und vorzüglich durch k und b wachſen oder fallen kann. Für jeden größern Zeitabſchnitt behält wahrſcheinlich x einen gleichen mittlern Werth rückſichtlich ſeiner aliquoten Theile. Iſt daher bei einem ein Factor zu groß geweſen, ſo muß dieſes in der Folge dadurch nachgeholt und verbeſſert werden, daß ſich eine der genannten Functionen oder mehrere oder alle verkleinern. Wir ſagen daher in der gewöhnlichen Sprache, daß ein Muskel ermüde und der Erholung bedürfe.

Um aber möglichſt geringe Störungendurch dieſe Verhältniſſe hervorzu- 820
bringen, bedient ſich die Natur der Einrichtung der Antagoniſten. Bei den meiſten Bewegungen, welche wir mittelſt einer Reihe von Muskeln vollführen, verhalten ſich die einen abwechſelnd wie poſitive, die andern wie negative Größen, und umgekehrt. Der eine ruht momentan aus, während der andere thätig iſt. Auf dieſe Weiſe kann dann die Arbeit verlängert und zum Theil verſtärkt werden, ohne daß Erſchöpfung eintritt. Fehlt jenes antagoniſtiſche Verhältniß, ſo iſt auch der Erfolg ungünſtiger. Ein Menſch z. B., der 5 Stunden auf einem Flecke ſteht, ermüdet mehr, als ein ſolcher, welcher dieſe Zeit hindurch geht. Iſt aber die Anſtrengung während einer längern Zeitdauer ſelbſt bei jenen alternirenden Zuſammenziehungen zu ſehr in Anſpruch genommen worden, ſo wird endlich jede erhebliche Kraftäußerung unmöglich. Die Natur erzwingt dem zum Grunde liegenden Geſetze nach die Ruhe, welche ihr der Wille zu verweigern ſucht. Tritt dagegen die übermäßige Kraftäußerung allmälig ein, werden die Theile hierzu mehr geübt, als angeſpannt, ſo wird dadurch an Energie gewonnen, ſo daß ſich der Muskel beſſer ernährt und an Maſſe zunimmt. Das Blut hat daher Zeit, größere Quantitäten auszuſcheiden. Da die Kraft der Zahl der Muskelfaſern parallel geht, ſo vermehrt ſich auch die Menge der letzteren. Aus dieſem Grunde hat ein ſehr kräftiger Mann keine weſentlich breitern Muskelfaſern als das ſchwächlichſte Mädchen. Wenn aber der Muskel von jenem bedeutend voluminöſer iſt, ſo fällt ein großer Theil des Unterſchiedes auf den idealen Querſchnitt, d. h. auf die Vermehrung der Anzahl der Faſern und nicht bloß auf die Länge deſſelben. Daß umgekehrt ein anhaltend ruhender Muskel ſchlecht ernährt werde, haben wir §. 568 kennen gelernt.

In der allgemeinen Phyſiologie §§. 86—90 wurden die Grundverhältniſſe dargeſtellt, welche vermittelſt der eben erörterten Geſetze hinſichtlich der äußeren Maſchinenarbeit des Menſchen auftreten. Eine ausführliche Schilderung dieſer Punkte, ſofern ſie den Menſchen oder die Hausthiere betreffen, gehört mehr in die Mechanik, als in die Phyſiologie. Siehe z. B. in dieſer Hinſicht: F. J. v. Gerstner, Handbuch der Mechanik. Aufgesetzt, mit Beiträgen von neueren englischen Konstructionen vermehrt und herausgegeben von F. A. v. Gerstner. Bd. I. Zweite umgeänderte Auflage. Prag 1833. 8. S. 13—240, und vorzüglich S. 13—72. Hier können nur einige ihrer Endergebniſſe wegen intereſſantere Punkte hervorgehoben werden.

Euler hatte für die Berechnung der relativen Kraft von Menſchen, welche an Maſchinen arbeiten, zwei theoretiſche Formeln aufgeſtellt, deren Reſultate ſehr verſchieden ausfallen und deren experimentelle Prüfung daher erforderlich war. Bezeichnet man nämlich mit P die abſolute Kraft eines Menſchen, mit C die abſolute Geſchwindigkeit, mit welcher ſich derſelbe unbelaſtet fortbewegt, mit p die relative Kraft, welche er an der

Maſchine ausübt und mit c die entſprechende Geſchwindigkeit, ſo ſollte $p = P\,(1 - \frac{c}{C})^2$ oder $p = P\,(1 - \frac{c^2}{C^2})$ ſein. Dem Bedürfniß der empiriſchen Prüfung dieſer beiden Formeln genügte Schultze [1]) durch eine Reihe ſorgfältiger Verſuche. Er ſuchte an zwanzig Arbeitern, deren Größe und Körpergewicht er vorher beſtimmt hatte, die genannten Werthe für einfachere Leiſtungen zu finden und gewann hierbei manche nicht unintereſſante Nebenreſultate. So z. B. ergab ſich, daß lang gewachſene Menſchen leicht eine Laſt ſenkrecht emporziehen, während Perſonen mit bedeutendem Körpergewicht geeigneter ſind, einen über eine Welle gehenden Strick, der an einem Widerſtande befeſtigt iſt, nach abwärts zu führen. Die erſteren haben dabei nicht immer die größte Zugkraft für ein Seil, das ſie in horizontaler Direction angreifen. Was nun die Formelverhältniſſe betrifft, ſo ergab ſich aus den Specialverſuchen, welche in der Abhandlung ſelbſt nachgeſehen werden müſſen [2]), P = 730 Pfd., C = 5,30 Fuß, c = 2,45 und p (auf c = 2,45 reducirt) = 218,4 Pfd. Nach der erſten Euler'ſchen Formel hätten wir daher $p = 730\,(1 - \frac{2,45}{5,30})^2 = 211,09$ Pfd., nach der zweiten dagegen $p = 730\,[1 - \frac{(2,45)^2}{(5,30)^2}] = 574,01$ [3]). Jene erſcheint deshalb als die richtigere. Hieraus erhellt zugleich, daß jeder der Arbeiter durchſchnittlich $\frac{218,4}{7} = 31,2$ Pfd. relative Kraft mit 2,45 Fuß Geſchwindigkeit darbot.

Bei Gelegenheit einer ſehr ſcharfſinnigen Unterſuchung über den Kraftverluſt, der bei dem Treppenſteigen mit oder ohne Laſten und bei verſchiedenen Handarbeiten Statt findet (ſiehe §. 88 und §. 90.), kam Coulomb [4]) auf mehrere intereſſante Formeln und Nebenreſultate. So z. B. nimmt er an, daß ein Menſch von 70 Kilogr. Körpergewicht in einem Tage auf ebenem Boden 50 Kilometer gehen könne, ohne übermäßig zu ermüden. Dieſes giebt daher ein tägliches Kraftäquivalent von $70 \times 50 = 3500$ Kilogr. auf 1 Kilometer. Steigt er auf einer Haustreppe mehr als 30 Meter hinauf, ſo führt er ſeine Körperlaſt in der Minute 14 Meter hoch. Wir haben daher $70 \times 14 = 980$ Kilogr. auf 1 Meter. Kann er aber dieſe Arbeit nur täglich drei Stunden aushalten (§. 88), ſo haben wir für einen Tag $= \frac{3,5 \times 60 \times 980}{1000} = 205,8$ Kilogr. auf 1 Kilometer. Iſt angenommenermaßen die Treppe ⅓ ſo hoch [5]) als lang, ſo gleicht ihr

---

1) Nouveaux Mémoires de l'académie des Sciences et belles Lettres. Année 1783. Berlin, 1785. 4. p. 303 — 340.

2) P wurde durch das Gewicht beſtimmt, welchem 7 der Arbeiter bei dem Zuge, ohne fortgeriſſen zu werden, das Gleichgewicht halten konnten, C dadurch, daß ſie einen 12000 rheiniſche Fuß langen Weg mehrere Male durchdringen, c und p ergaben ſich aus den Arbeiten der 7 Individuen an einem Werke, an welchem ſonſt zwei große und harte Marmorcylinder um einen verticalen Holzcylinder von einem Pferde mit 10 rhein. Fuß Kreisbahn gedreht wurden.

3) Schultze ſelbſt hat als Reſultat der Berechnung der erſteren Formel 205 und der letzteren 153 Pfd. Es muß daher entweder in dem Abdrucke der zweiten Euler'ſchen Formel, die in Gehler's physikalischem Wörterbuche Bd. V. S. 982 in gleicher Weiſe wiederkehrt, oder in der Berechnung ein Irrthum vorgefallen ſein. $P\frac{c^2}{C^2}$ würde 155,922 Pfd. geben.

4) Mémoires de l'Institut National des Sciences et Arts. Sciences mathématiques et physiques. Tome II. Paris. An VII. p. 380 — 428.

5) Ich bediene mich hierbei der Conſequenz wegen der in §. 88 angeführten, von Baumgartner herrührenden Beſtimmung. Die hieſigen Steintreppen wenigſtens ſind aber durchſchnittlich bedeutend ſteiler. Die des Hauſes z. B., in welchem ich wohne, hat eine ſchief anſteigende Länge von 17,166, während auf die gerade Länge derſelben 14,4166 kommen. Bezeichnen wir daher den Neigungswinkel derſelben mit φ, ſo haben wir $\cos.\,\varphi = \frac{14,4166 \times \sin.\,\mathrm{tot.}}{17\,166}$ und daher $\varphi = 32^\circ\,53'$. Die Treppe in der Anatomie zeigte auf eine Länge von 20,1 eine Höhe von 9,3. Daher $\sin.\,\varphi = \frac{9,3\,\sin.\,\mathrm{tot.}}{20,1}$ und daher $\varphi = 27^\circ\,33'$.

dann mäßiger Neigungswinkel $\frac{1}{3}$ sin. tot. = 17° 27′ 29″. Das Kraftäquivalent 205,8 Kilogr. iſt aber nur $\frac{205,8}{3500} = 0,0588 = \frac{147}{2500}$ oder $\frac{1}{17}$ von dem, welches bei dem Gehen auf ebenem Boden reſultirte. Nimmt man an, daß die mittlere Höhe einer Treppenſtufe 13,5 Centimeter, die Durchſchnittslänge eines Schrittes dagegen 65 Centimeter beträgt, ſo haben wir $\frac{13,5 \times 17}{65} = 3,53$, d. h. die Anſtrengung, um eine Treppenſtufe zu ſteigen, iſt dann ungefähr eben ſo groß, als wenn das Individuum $3\frac{1}{2}$ Schritte auf ebenem Boden machte.

Um die Laſtgröße P zu finden, welche bei dem Treppenſteigen mit beſchwertem Körper das Maximum des Nutzeffectes giebt, entwickelt Coulomb die Formel $P = Q \left[\left(1 + \frac{a}{bQ}\right)^{1/2} - 1\right]$. Hierbei bezeichnet Q das Körpergewicht des Menſchen, a das Kraftäquivalent für das Treppenſteigen ohne Laſt, nach Reduction auf eine Zeit- und eine Höheneinheit, und b den Coefficienten der Verminderung derſelben, welche auf eine gleiche Einheit Laſt kommt. Macht man nach den obigen Daten Q = 70 und a = 205, während b nach anderen Verſuchen = 1,41 iſt, ſo erhält man $P = 70 [\sqrt{(3,0770)} - 1] = 52,790$ Kilogr. Iſt aber das Kraftäquivalent auf eine Höheneinheit, z. B. 1 Kilometer reducirt, ſo haben wir für den Nutzeffect einer beſtimmten Laſt $N = \frac{(a - bP)\,P}{Q + P}$. Dieſes giebt für 52,790 Kilogr. Belaſtung $\frac{130,5665}{122,790} \times 52,790 = 56,134$ Kilogr. auf 1 Kilometer Höhe täglichen Nutzeffectes. Für das Treppenſteigen ohne Belaſtung betrug aber dieſer Werth 205 Kilogr. Wir haben mithin $\frac{205}{56,134} = 3,652$, d. h. der Menſch verliert, indem er mit 52,790 Kilogr. belaſtet auf einer Treppe emporſteigt und unbelaſtet wieder hinabgeht, beinahe $\frac{3}{4}$ ſeiner Kraftanſtrengung. Er würde daher faſt das Vierfache leiſten, wenn er unbeſchwert die Treppe hinaufginge, ſich dann an einem Seile frei herunterließe und gleichzeitig mittelſt ſeines Körpergewichtes eine Laſt emporzöge, die abgeſehen von der Reibung nur um Weniges geringer, als ſeine Körperſchwere beträgt, ausfiele.

Schon dieſe beiden Beiſpiele zeigen deutlich, daß die Erfahrungsreſultate von einem Grundtheoreme der älteren Mathematiker abweichen. Bernouilli nämlich nahm an, daß die Ermüdung dem Kraftäquivalente immer proportional ſei. Ueberſteige man daher nicht die natürlichen Grenzen, ſo können Kraft, Zeit und Geſchwindigkeit nach Willkühr im Einzelnen variirt werden, ohne daß eine Grundveränderung eintrete. Wenn nur das Product dieſer drei Größen daſſelbe bleibe, ſo reſultire ſtets derſelbe Grad von Ermüdung. Nach ihm ſollte daher ein kräftiger Arbeiter bei jeglicher Art von Beſchäftigung ſo viel leiſten, als wenn er täglich 274,7 Kilogr. auf 1 Kilometer emporhöbe. Wir haben aber geſehen, daß das Kraftäquivalent bei dem Gehen auf ebenem Boden 3500, bei dem unbelaſteten Treppenſteigen 205,8, bei dem Treppenſteigen mit 52,770 Kilogr. Laſt 56,134 Kilogr. beträgt. In Betreff anderer Arbeiten ſind die nöthigen relativen Zahlen ſchon §. 86 und §. 90 angegeben worden. Das Bernouilli'ſche Theorem kann höchſtens nur für gewiſſe mittlere Kraftgrößen eine annähernde Richtigkeit haben. Hiernach nehmen auch einzelne Mechaniker, wie z. B. Gerſtner an, daß 10 Pfd. Kraft und 1 Fuß Geſchwindigkeit für einen Arbeiter äquivalent ſeien.

Um die Laſtgröße, welcher eine Muskelzuſammenziehung das Gleich- 821
gewicht hält, unmittelbar zu finden, dient ein auf die Elaſticität von Federn ſich ſtützendes Myodynamometer, welches in dieſer Beziehung pünktlicher als eine Wagenvorrichtung arbeitet. Mittelſt eines ſolchen Inſtrumentes laſſen ſich jene oben angeführten theoretiſchen Berechnungen der bedeutenden Größen der Muskelkräfte verificiren. Zu gleicher Zeit iſt man hierdurch aufzufinden im Stande, in welchem Maaße ſich die Reizbarkeitsverhältniſſe nach dem Tode und unter verſchiedenen abweichenden Verhältniſſen während des Lebens ändern.

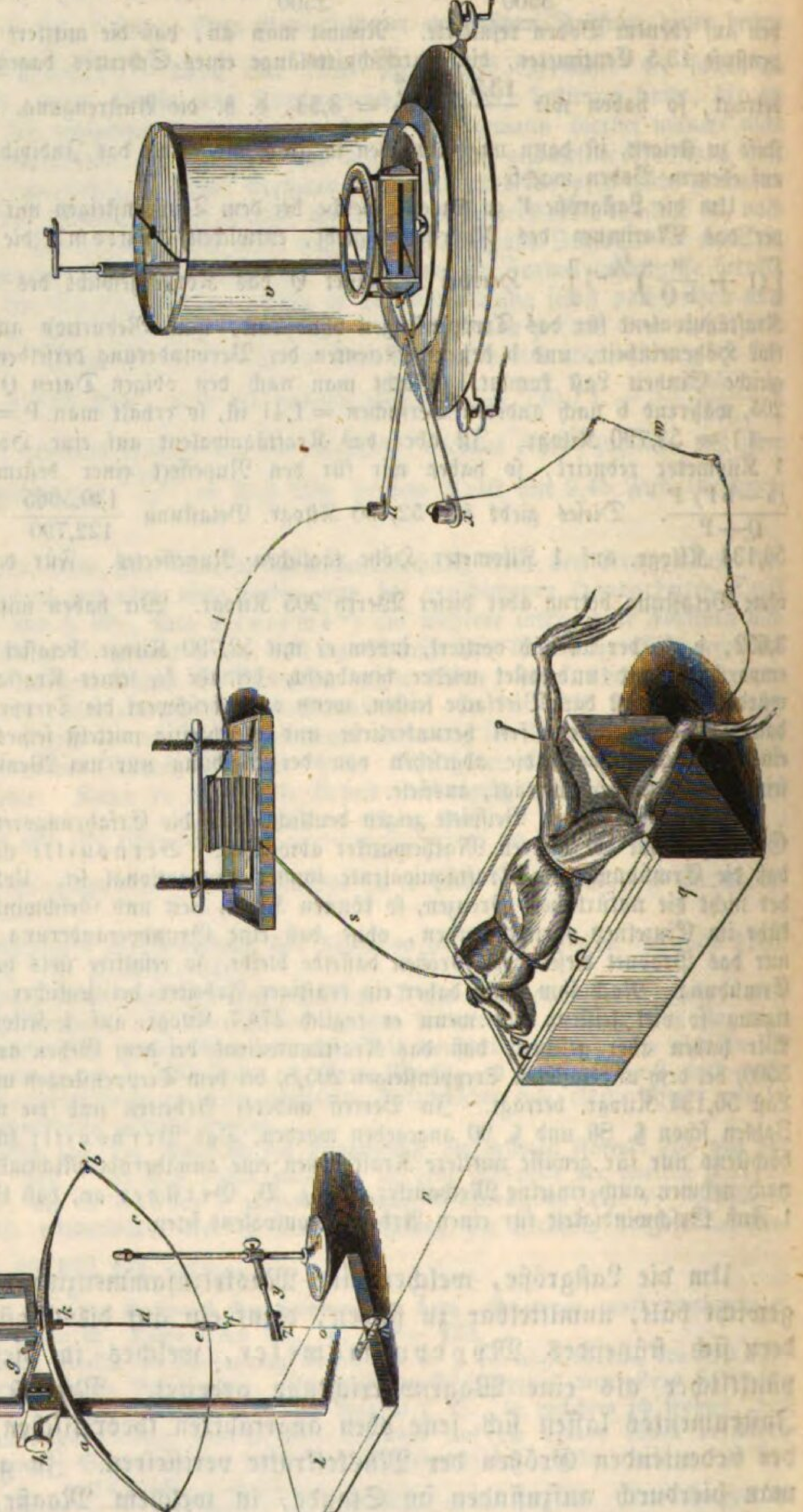


Fig. 88.

Schwann gebrauchte zu einer hierher gehörenden Beobachtungsreihe eine gewöhnliche zweiarmige Wage, an deren einem Arme ein mit dem Gastrocnemius eines Froſches in Verbindung ſtehender Faden zog. Engelhardt bediente ſich zu ſeinen ausführlichen Unterſuchungen einer gleicharmigen Zeigerwage, bei welcher ein ſenkrechter mit einer Bleikugel beſchwerter Zeiger an einem horizontal gelegten Kreisbogen ſpielte. Da ſich die Hinterfüße des Froſches, wenn ſie gebogen ſind, bei galvaniſcher Reizung ſtrecken, ſo wurde der eine derſelben an das Ende des einen horizontalen Armes der Wage angebunden. Extendirte ſich das Glied, ſo ging er nach abwärts, der ſenkrechte beſchwerte Zeiger dagegen nach der entgegengeſetzten Seite am Gradbogen nach aufwärts. Man ſuchte nun ſpäter die der gefundenen Gradzahl entſprechenden Gewichtsgrößen.

Solche Wagenvorrichtungen haben zwei weſentliche Nachtheile. 1) Das Schnellen. Wenn wir mit Muße eine Laſt abwägen, ſo warten wir das Balancement des Wagebalkens ruhig ab. Bei dieſen Muskelverſuchen dagegen handelt es ſich um die Ermittelung einer momentan wirkenden Kraft. Es kann daher jeder Werth durch die augenblicklichen Trägheitsmomente des Balkens getrübt ſein. 2) aber ändert ſich der Zugwinkel mit der Bewegung des Gliedes und, wir haben nicht immer eine ſichere Controle deſſelben und mithin des durch dieſen Punkt entſtehenden Kraftverluſtes.

Zu den ſpäter verzeichneten Beobachtungen diente mir folgendes Myodynamometer. Eine 26 Centim. lange Uhrfeder a Fig. 88, welche in ihrer Mitte eine Maximalbreite von 1,8 Centimeter hat, verjüngt ſich nach ihren beiderſeitigen Enden dergeſtalt, daß ſie zuletzt nur einen halben Centimeter Breite beſitzt. Hier iſt ſie dann bei b und b′ durch zwei kleine angefügte Charniere mit einer ſchmaleren, entgegengeſetzt gerichteten Feder c, welche ebenfalls 26 Centimeter lang, aber überall nur 0,25 bis 0,3 C. breit iſt, verbunden. Die mittlere Dicke der Federn mochte etwa ſchätzungsweiſe $\frac{1}{8}$—$\frac{1}{10}$ Millimeter betragen. Unter der größeren Feder bab′ befinden ſich mehrere andere z. B., welche wir mit dem Namen der Unterlagsfedern bezeichnen wollen und die beiderſeits ſymmetriſch an Länge abnehmen, dagegen von der Mitte aus der Hauptfeder bab′ proportional gleich ſind. Die Mitte dieſer ſämmtlichen Federn iſt durch ein Loch durchbohrt. Durch dieſes geht ein eiſerner Stab dd′, welcher bei e ein durchlöchertes Meſſingſtück beſitzt. Durch die Oeffnung des letzteren tritt die ſchwächere convexe Feder bcb′ hindurch. An ſeinem Ende aber beſitzt es einen Meſſinghaken f, auf welchen die Kraft des Muskels zunächſt einwirken ſoll. Oberhalb c über der convexen Hauptfeder bab′ befindet ſich ein horizontales Meſſingſtück, welches mittelſt einer Schraube an einen eiſernen Winkelarm befeſtigt werden kann. Das letztere g wird dann durch ein paar Schrauben an den auf- und abzubewegenden Arm h eines Statives i feſt angebracht. Bei k iſt eine Schraubenmutter angebracht, welche den doppelten Zweck hat, einerſeits die Hauptfeder bab′ an das horizontale Mittelſtück und anderſeits die Unterlagsfedern an jene zu befeſtigen. Senkrecht auf dem horizontalen Meſſingſtücke, gegen welches dieſe Mutterſchraube drückt, exiſtirt ein durchbrochenes meſſingenes Skalenbrett l, auf welchem 1 Decimeter in 100 Millimeter getheilt iſt. Der Eiſenſtab hat einen horizontalen ſtählernen Zeiger m, welcher vermittelſt einer Schraube höher oder tiefer geſtellt zu werden vermag.

Man ſieht hieraus, daß dieſes Myodynamometer ſtreng genommen nichts anderes, als ein Pfeilbogen iſt. Iſt z. B. der Zeiger m auf 0° der Skale eingeſtellt und hängen wir an den Haken f des Stabes dd′ ein Gewicht, ſo wird jener proportional heruntergehen. Die untere Feder bcb′ wird concaver, die obere bab′ convexer werden. Die Größe aber, um welche der Zeiger hinabſteigt, muß dem Gewichte, welches bei f zieht, proportional ſein. Indem jedoch die Spannung der Federn immer zunimmt, wird nicht etwa jeder beliebige Skalengrad einem beſtimmten Gewichte entſprechen, ſondern dieſe werden um ſo größer ausfallen, jemehr ſich der Grad der tiefſten Stelle der Skale, alſo 100 Millimeter nähert.

Um nun immer den Zug ſenkrecht zu haben, wird an das untere Querbrett i des Statives ein meſſingenes Wellenrad n ſo angebracht, daß ein an den Haken f angebundener und um das Wellenrad n geleiteter Seidenfaden fop in fo ſenkrecht ſteht. Wenn daher der Froſch oder ein anderes Thier an der Verlängerung von p horizontal zieht, ſo bleibt die bei f wirkende Kraft unter gewiſſen bald zu erwähnenden Vorſichtsmaßregeln immer die gleiche.

Zur Befeſtigung des Froſches dient eine runde oder viereckige Schachtel q, welche in ihrem Innern mit entſprechenden Gewichten beſchwert iſt, damit ſie feſt ſtehen bleibe.

Ihr Deckel hat eine Reihe von doppelten Löchern, durch welche Schnüre hindurchgezogen werden, um das Thier anzubinden. Todte Frösche können am einfachſten; ſowie es die Abbildung zeigt, fixirt werden. Bei lebenden geht, um Störungen zu vermeiden, ein Faden um die Schulter, ſo daß die eine vordere Extremität vor, die andere hinter der Schnur liegt. Eine zweite Befeſtigung trifft die Gegend des Schwanzbeines. Der Faden op wird nun durch die bei q und q' befindlichen eingeſchlagenen Drähte durchgeleitet und an die Mitte des Fußes der Extremität r, deren Kraft man unterſuchen will, angebunden. Der Sicherheit wegen kann man noch unmittelbar vor dem entſprechenden Oberſchenkel einen Leitungshaken einſchalten. Der Zweck dieſer Vorrichtung beſteht darin, daß nicht die Extremität ſeitlich ausfahre, ſondern ſich möglichſt gerade zu ſtrecken ſuche.

Sollen die Zuckungen durch galvaniſche Ströme bewirkt werden, ſo gebraucht man als Elektroden ſehr biegſame Kupfer- oder Eiſendrähte, welche bis auf ihre Endtheile mit Siegellack überzogen ſind. Die poſitive s wird dann in das Rückenmark enthaupteter oder an den Nerven lebender Thiere, die negative t dagegen in das eine Queckſilbernäpfchen u des Galvanometers v geleitet. Ein aus drei kettenartig verbundenen Gliedern beſtehender Draht [1]) w wird in den Fuß des Froſches eingeführt. Senkt man nun dieſen in das zweite Galvanometer x, ſo geht der Strom durch das Thier und das Galvanometer. Er ſtreicht durch das erſtere in centrifugaler Richtung und erregt daher meiſtentheils bei getödteten Fröſchen eine ſtärkere Schließungszuckung. Nachdem ein Gehilfe die Abweichungsgrade der Magnetnadel abgeleſen, öffnet man die Kette von neuem.

Um die Kraftgröße der Zuſammenziehung zu erhalten, wäre ſcheinbar das Einfachſte, daß man die Schachtel q ſo weit zurückzöge, bis der Faden fopq etwas angeſpannt und der Zeiger m um einige Grade unter den Nullpunkt gewichen iſt. Allein bei genauerer Betrachtung zeigt ſich, daß auf dieſe Weiſe fehlerhafte Reſultate gewonnen werden könnten. Geſetzt, der Froſchſchenkel ziehe mit ſolcher Kraft, daß der Zeiger bis zu 60 Millimeter gebracht werde. Wir hätten dieſen bei Anziehung des Fadens auf 10 Millimeter eingeſtellt. Arbeitet nun der Froſch mit einer Kraftgröße, welche 60 Millimeter äquivalent iſt, und excurſirt nur um 20 Millimeter, ſo wird der Zeiger des Dynamometers bloß bis 30° hinabgehen und wir erhalten eine mehr als halb ſo kleine Kraftgröße, als wahrhaft Statt findet. Um das Maximum der letzteren zu finden, müßte die Schachtel ſo weit zurückgerückt werden, daß der Zeiger auf 59—60° ſteht. Allein dann käme der Fuß durch den Zug des Fadens in die unnatürlichſte Lage, dränge leicht durch den Leitungsfaden hindurch und könnte nicht unter dieſen Verhältniſſen regelrecht wirken. Um dieſes zu verhüten, befindet ſich an dem Stiele des Geſtelles i oder an einem daneben ſtehenden Stative eine Gabel y, welche auf- und abgeſchraubt und genau feſtgeſtellt werden kann und zwiſchen deren Zinken der Faden fo hinabgeht. Der letztere läuft unterhalb der Gabel durch ein ebenes Holzkreuz z, deſſen Arme länger ſind, als die Diſtanz der beiden Gabeläſte. Nun ſchraubt man die Gabel ſo weit hinab, daß das hinuntergedrängte Kreuz den Faden und den Stab dd' ſo weit hinabzieht, daß der Zeiger z. B. bei 59° ſteht. Man rückt hierauf die Schachtel q ſo weit zurück, daß der Faden opq etwas geſpannt iſt und z. B. der Zeiger auf 59½° kommt. Ober-, Unterſchenkel und Fuß des Froſches können dann ohne Störung in eine möglichſt gebogene Lage gebracht werden. Entſpricht die Kraftgröße 60°, ſo wird der Zeiger während der Zuſammenziehung noch ein wenig hinabgehen, ſich aber nicht mehr ändern, ſobald er unmittelbar darauf auf 60½° eingeſtellt wird. Man findet auf dieſe Weiſe das in Graden ausgedrückte Aequivalent der wahren Kraftgröße der Muskelzuſammenziehung und zwar unabhängig von der Größe der Excurſion. Bei der Zeigerwage iſt man, wie man leicht ſieht, gegen die letztere Bedingung nicht geſichert.

Nun handelt es ſich noch darum, das Gewicht, welches einem beſtimmten Skalengrade entſpricht, zu finden. Das einfachſte wäre, an dem bei f befindlichen Haken eine abgewogene Wagſchaale aufzuhängen und in dieſe die nöthigen Gewichte einzulegen. Allein hierbei erzeugen nicht ſelten die Pendelſchwingungen der Wagſchaale und das Herabfallen der Gewichte untergeordnete Irrungen. Deshalb hat das obere Ende des Drahtes

---

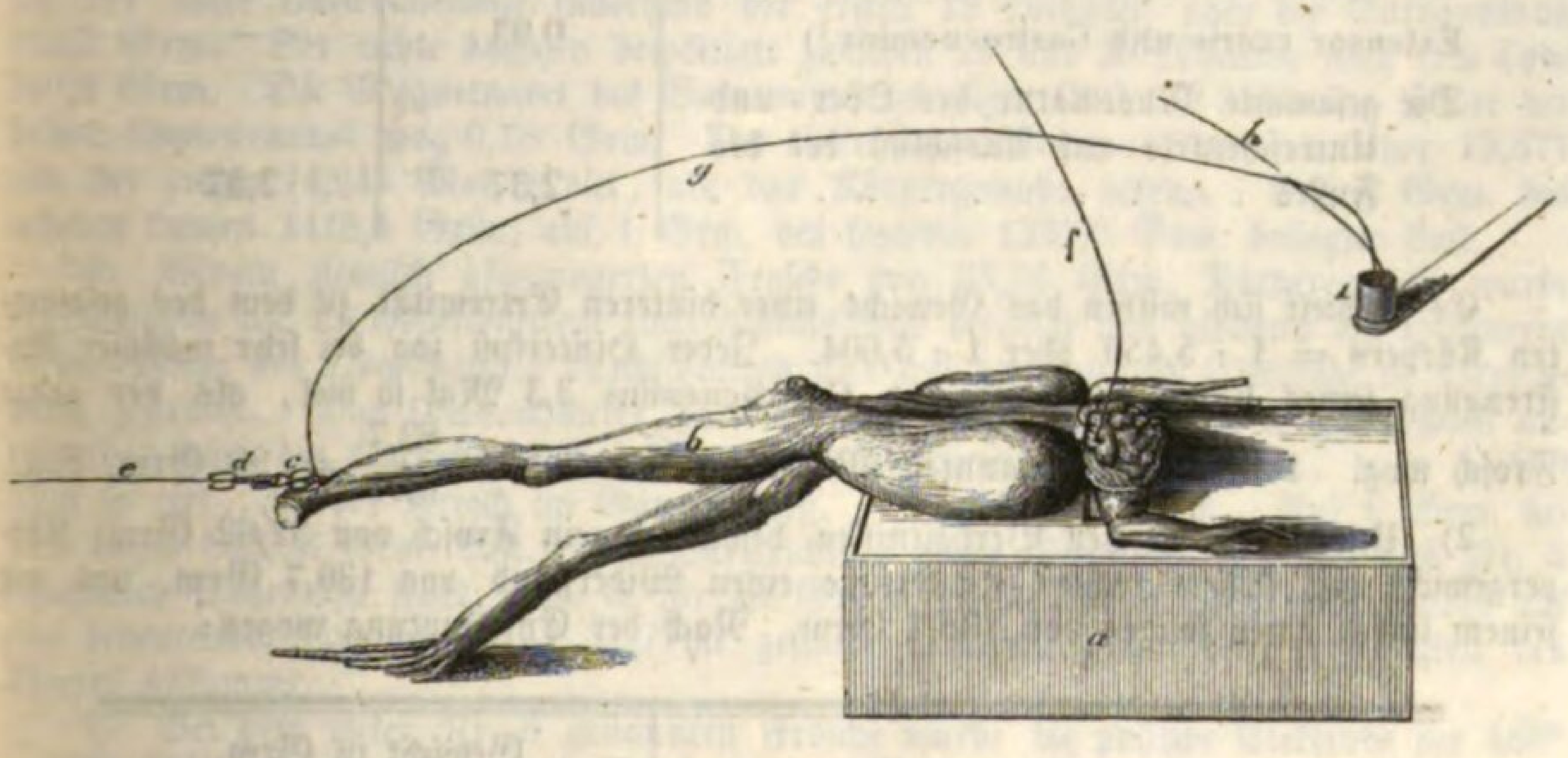
[1]) Die Urſache, weshalb dieſe Verbindungsform gewählt wird, beſteht darin, daß einfacher, ſelbſt biegſamer Draht oft genirt, ein vollkommenes eingelegtes Kettchen dagegen zu ſchlecht leitet.

dd' eine Schraube, an welcher ein meſſingener Teller befeſtigt werden kann. Auf dieſen kommen die Gewichte, zu welchen dann das des Tellers und der Werth der Reibung der Achſe des Wellenrades n hinzuaddirt werden muß. Steigt z. B. der Zeiger, ſobald 120 Grm. aufliegen, bis zu 60° hinab, gleicht der Teller 5,735 Grm. und beträgt die Reibung für jene Laſt 5 Grm., ſo haben wir 60° des Dynamometers = 130,7 Grm.

Der Sicherheit wegen habe ich mich in dieſer Beziehung nie auf eine vorher verfertigte Gewichtsſkale verlaſſen, ſondern die entſprechenden Laſtwerthe unmittelbar nach den Verſuchen beſtimmt, weil ſelbſt die beſten Federn nach den Einflüſſen der Temperatur, der Feuchtigkeit u. dgl. nicht ſelten variiren. Jedoch muß ich anderſeits bemerken, daß ich an dem von mir gebrauchten Dynamometer unmittelbar nach der Conſtruction deſſelben die Gewichte beſtimmte und z. B. bei einem Aequivalent von 120 Grm. noch kein Gramm Unterſchied herauskam, nachdem das Inſtrument innerhalb 6 Wochen mindeſtens 3—400 Mal ſchwerere Laſten gezogen hatte. Nur iſt hierbei die Vorſicht zu gebrauchen, daß man die Gewichte immer auf die gleiche Stelle des Tellers auflegt.

Da es bei den meiſten Verſuchen nicht ſowohl auf die Beſtimmung ankommt, was der Fuß im Ganzen, als was ein einzelner Muskel deſſelben ziehen kann, ſo muß hiernach die Behandlungsweiſe des enthaupteten Froſches etwas geändert werden. Man wendet die Schachtel a, Fig. 89, ſo, daß die zu unterſuchende Extremität b des Froſches

Fig. 89.



gegen das Dynamometer gerichtet iſt. Man ſchneidet hierauf den Fuß ab, legt die Achillesſehne bloß und befeſtigt an dieſe das Oehr c eines Heftchens, deſſen Haken d mit dem Ende des Zugfadens e in Verbindung ſteht. Die poſitive Elektrode f dringt in das Rückenmark, während ein Verbindungsdraht g an den Gastrocnemius befeſtigt iſt. Will man nicht gleichzeitig die Größe der Abweichung der Galvanometernadel beſtimmen, ſo ſenkt man die negative h in ein Queckſilbernäpfchen i, welches zugleich den Verbindungsdraht h aufnimmt. Sind der Körper des Froſches und der Oberſchenkel hinreichend befeſtigt, ſo zieht, wie vergleichende Verſuche lehren, der Gastrocnemius allein. Will man aber vor allen möglichen Fehlern vollkommen geſchützt ſein, ſo durchſchneidet man den Unterſchenkel bis auf die Achillesſehne und trennt alle Theile des Oberſchenkels bis auf das Femur und den Hüftnerven, wie dieſes Fig. 91 bei Gelegenheit des Bunſen'ſchen Apparates abgebildet iſt.

Mittelſt des Myodynamometers laſſen ſich nun folgende Lehrſätze numeriſch erhärten.

Erſter Satz. Die unmittelbare an Fröſchen anzuſtellende Beobachtung bekräftigt vollkommen die früher dargelegten theoretiſchen Berechnungen, welche für die Kräfte der Muskeln verhältnißmäßig ſehr bedeutende Werthe lieferten. Wenn z. B. ein Froſch ſeinen Hinterfuß mit ſehr mäßiger Stärke ſtreckt, ſo arbeiten die Extenſoren des Unterſchenkels und der Ferſe mit einer Energie, welche das Drei- bis Vierfache des ge-

ſammten Körpergewichtes beträgt. Die Wadenmuskeln allein aber ſind in dem Maximum ihrer natürlichen Anſtrengung im Stande, mehr als das Dreißigfache des letztern zu überwinden. 1 Grm. derſelben vermag einem Gewichte von 1500 — 2000, ja ſogar von 2000 — 3000 Grm. und mehr das Aequiliber zu halten.

Belege. 1) Ein Froſch von 25,33 Grm. Körpergewicht zog, wenn die Gegend ſeines Afters gekitzelt wurde, mit dem rechten ſowohl als dem linken Hinterfuße 83,7 Grm. Dieſe Arbeit wurde der Befeſtigung des Thieres wegen durch Streckung des Unterſchenkels und des Fußes bewirkt. Unmittelbar nach der darauf vorgenommenen Enthauptung des Geſchöpfes ergaben ſich folgende Werthe:

	Gewicht in Grm.	
	Rechter Hinterfuß.	Linker Hinterfuß.
Die hintere Extremität im Ganzen . . .	4,64	4,52
Extensor cruris und Gastrocnemius [1]) . .	0,93	—
Die geſammte Musculatur des Ober- und Unterſchenkels mit Ausſchluß der des Fußes	2,37	2,37

Es verhielt ſich mithin das Gewicht einer hinteren Extremität zu dem des geſammten Körpers = 1 : 5,459 oder 1 : 5,604. Jeder Hinterfuß zog bei ſehr mäßiger Anſtrengung ſeines Extensor cruris und Gastrocnemius 3,3 Mal ſo viel, als der ganze Froſch wog. 1 Grm. der genannten Muskeln entſprach dann $\frac{83,7}{0,93}$ = 90 Grm. Laſt.

2) Unter den gleichen Verhältniſſen bewältigte ein Froſch von 32,62 Grm. Körpergewicht mit ſeinem rechten Hinterfuße einen Widerſtand von 130,7 Grm. und mit ſeinem linken einen ſolchen von 138,7 Grm. Nach der Enthauptung wogen:

	Gewicht in Grm.	
	Rechter Hinterfuß.	Linker Hinterfuß.
Die geſammte hintere Extremität	5,86	5,73
Extensor femoris	0,78	0,77
Gastrocnemius	0,50	0,52

Es verhält ſich alſo das Gewicht eines Hinterfußes zu dem des ganzen Froſches = 1 : 5,567 oder 1 : 5,693. Der erſtere zog bei mäßiger Anſtrengung 4,13 Mal ſo viel, als der ganze Froſch wog. Auf 1 Grm. Extensor cruris und Gastrocnemius kamen am rechten Hinterbeine $\frac{130,7}{1,28}$ = 102,11 Grm. und am linken $\frac{138,7}{1,29}$ = 107,52 Grm. überwundenen Widerſtandes.

3) Ein 24,15 Grm. ſchwerer Froſch zog mit ſeinem rechten Hinterfuße, ſobald die Zehen deſſelben mit ſtarker Salpeterſäure betupft wurden, 288,3 Grm. Die Extremität

[1]) Der Kürze wegen gebrauche ich dieſe Ausdrücke, welche J. C. Zencker in ſeiner Batrachomyologia. Jenae, 1825. 4. p. 41. 42. eingeführt hat.

im Ganzen wog 4,05 Grm. und verhielt ſich daher zu dem Körpergewichte = 1 : 5,963. Der Extensor cruris betrug 0,58 Grm. und der Gastrocnemius 0,33 Grm.

Es überwand mithin ein Hinterbein bei ſtarker Anſtrengung mittelſt der Wirkung der Strecker des Unterſchenkels und der Ferſe 11,938 Mal ſo viel, als das Körpergewicht ausmachte. Auf 1 Grm. Strecker kamen $\frac{288,3}{0,91}$ = 316,81 Grm. bewältigter Laſt.

Alle Verſuche aber, in denen der Schenkel im Ganzen arbeitet, ſind viel zu complicirt, als daß hierbei fixe Reſultate erhalten werden könnten. Um ſolche zu erreichen, muß die Laſtwirkung einzelner iſolirter Muskeln geprüft werden.

4) Bei dem zuletzt genannten Froſche überwand der linke Gastrocnemius $^1/_4$ Stunde nach der Enthauptung im Maximum 305,3 Grm., alſo 17 Grm. mehr, als dieſer Muskel nebſt dem Extensor cruris bei ſtarker Anregung im Leben zogen. Der galvaniſche Strom der aus acht einzölligen Plattenpaaren beſtehenden Kette, bei welcher mit ſehr verdünnter Schwefelſäure mäßig durchtränkter Pappdeckel als feuchter Leiter diente [1]), glich 140° des Galvanometers. Die überwundene Laſt betrug daher $\frac{305,3}{24,15}$ = 12,642 Mal ſo viel, als der Froſch im Ganzen wog. Die Wadenmuskeln glichen 0,33 Grm. Mithin kamen auf 1 Grm. derſelben 925,15 Grm. bewältigter Laſt.

5) Bei einem kleinen, aber ſehr kräftigen Froſche von 16,08 Grm. Körpergewicht zog der linke Gastrocnemius innerhalb der erſten 18 Minuten nach der Enthauptung 255,3 Grm. Der rechte dagegen bewältigte zwiſchen 29 und 38 Minuten nach dem Tode 240,3 Grm. Die Magnetnadel des Galvanometers zeigte 120° bis 250° an. Jeder der beiden Gastrocnemii wog 0,18 Grm. Der linke Gastrocnemius überwand daher 15,877 und der rechte 14,944 Mal ſo viel, als das Körpergewicht betrug. Auf 1 Grm. des erſteren kamen 1418,4 Grm., auf 1 Grm. des letzteren 1335,0 Grm. beſiegter Laſt.

6) Einem ziemlich abgemagerten Froſche von 33,76 Grm. Körpergewicht wurde der Zugfaden an die losgeſchnittene linke Achillesſehne befeſtigt und alsdann der Hüftnerve in der Mitte des Oberſchenkels durchſchnitten und mit der poſitiven Elektrode in Verbindung gebracht. Das Galvanometer gab 160° an. Der Gastrocnemius zog ſowohl unmittelbar nach der Operation als 4 Stunden nach derſelben 477,7 Grm., d. h. 14,150 Mal ſo viel, als der Froſch im Ganzen wog. Er glich 0,56 Grm. Auf 1 Grm. kamen daher 853,03 Grm. Laſt. Die Vergleichung dieſes Reſultates mit dem aus Nr. 5 erhaltenen Ergebniſſe lehrt, daß es für die Größe der Kraftwirkungen nicht ſowohl auf eine bedeutende Körpermaſſe als auf die geſunde Ernährung und die Lebendigkeit des Thieres ankommt.

7) Bei dem unter Nr. 6 genannten Froſche wurde die poſitive Elektrode der 160°—170° Abweichung erzeugenden Säule in das Rückenmark, die negative an den am Zugfaden befeſtigten Rectus abdominis der rechten Seite gebracht. Dieſer bewältigte 15—20 Minuten nach dem Tode des Thieres 190,7 Grm., alſo 5,649 Mal ſo viel, als das Körpergewicht ausmachte. Sein Gewicht betrug 0,186 Grm. [2]). 1 Grm. deſſelben zog mithin 1025,27 Grm.

8) Unter denſelben Verhältniſſen überwältigte der linke gerade Bauchmuskel eines 37,21 Grm. ſchweren männlichen Froſches, $^1/_4$ Stunde nach der Enthauptung und bei 160° Galvanometer, 234,7 Grm., d. h. 6,308 Mal ſo viel, als das Thier im Ganzen wog. Der Rectus abdominis glich 0,21 Grm. Es kamen mithin auf 1 Grm. ſeiner Muskelſubſtanz 1117,62 Grm. Laſt.

---

[1]) Eine gleiche Säule wurde zu allen folgenden Verſuchen gebraucht. Was die Galvanometerwerthe betrifft, ſo habe ich ſie zwar bei den einzelnen Experimenten angeführt, um zu zeigen, daß die galvaniſchen Ströme mindeſtens immer die nöthige Größe hatten. Allein dieſe Zahlen geben kein genaues Maaß, weil bekanntlich empfindlichere Galvanometer für ſo ſtarke Ströme, als für die Maxima der Laſtwirkungen nothwendig ſind, keine ſicheren Beſtimmungen liefern.

[2]) Bei den in Nr. 7 und 8 angeführten Abwägungen des Rectus abdominis wurde nicht bloß dieſer Muskel, ſondern auch der Brachio-abdominalis Zenk. berückſichtigt, weil die Faſern deſſelben bei dem Zuge mitwirken. Für den bloßen geraden Bauchmuskel allein würden ſich noch bedeutendere, wahrſcheinlich aber minder exacte Werthe ergeben haben.

9) Der bis auf ſeinen oberen Anſatz iſolirte Sartorius eines Froſches von 27,71 Grm. Körpergewicht zog 3/4 Stunden nach der Enthauptung bei 150° Galvanometer 37,7 Grm., d. h. 1,36 Mal ſo viel, als der Froſch wog. Das Gewicht des Muskels glich 0,065 Grm. 1 Grm. deſſelben entſprachen mithin 580 Grm. Laſt. Da in den erſten drei Viertelſtunden nach dem Tode ein großer Theil der Reizbarkeit verloren geht, ſo unterliegt es keinem Zweifel, daß ſich unmittelbar nach dem Tode des Thieres noch bedeutendere Reſultate ergeben haben würden.

Daß die einzelnen Muskeln dieſe ſtarken Laſten überwinden, ſieht man am einfachſten am Gastrocnemius. Bei allen oben erwähnten Beobachtungen blieb der Unterſchenkel fixirt und unverrückt. Ohne directe Veränderung der Wirkung kann man auch den Oberſchenkel dicht über dem Kniegelenke lostrennen und den Gastrocnemius, ſo weit es ohne Verletzung ſeiner Nerven möglich iſt, iſoliren. Auch hier erhält man dann ſehr große Werthe. Die 0,28 Grm. betragenden Wadenmuskeln eines 29,06 Grm. wiegenden Froſches zogen auf dieſe Weiſe 1 Stunde 43 Minuten nach der Enthauptung, wenn alſo ihre Reizbarkeit ſchon bedeutend an Intenſität verloren hatte, 263,7 Grm. Der centrifugale galvaniſche Strom glich 190°. Auf 1 Grm. Wadenmuskeln kamen daher noch trotz der abſterbenden Irritabilität 941,79 Grm. Laſt.

Sämmtliche hier und im Folgenden verzeichneten Beobachtungen wurden im Januar und Februar an Fröſchen angeſtellt, welche ſeit dem November in einem künſtlichen Teiche ohne beſondere Nahrung aufbewahrt worden waren. Es unterliegt daher ſchon theoretiſch keinem Zweifel, daß man im Frühjahre oder Sommer bei lebenskräftigen gut genährten Fröſchen noch weit größere Zahlen erhalten würde. Dieſes beſtätigte auch die Erfahrung auf das Vollkommenſte. Haben die Thiere eine Zeit lang im warmen Zimmer geſtanden, ſind ſie gut genährt und befinden ſie ſich beſonders in ihrer Brunſtzeit, ſo zieht nicht ſelten ihr Gastrocnemius noch 5 Stunden nach dem Tode, wenn er ſelbſt nur 0,3 Grm. beträgt, mehr als 750 Grm., d. h. mehr als 2500 Mal ſo viel, als er urſprünglich wiegt. Die Belege hierfür ſind in den ſpäter anzuführenden Sätzen, vorzüglich in demjenigen, welcher von der Abnahme der Irritabilität nach dem Tode handelt, angegeben.

Zweiter Satz. Da die Zugwirkung eines Muskels nur durch die Verkürzung deſſelben zu Stande kommen kann, ſo muß ſie natürlicher Weiſe in dem Maximum der Ausdehnung der Faſern = 0 ſein. Ebenſo wird die relative Intenſität der Contraction, wenn die abſolute gleich bleibt, abnehmen, ſobald die Muskelfaſern ſchon vorher verkürzt waren. Bei möglichſter Ausdehnung derſelben kann die volle abſolute Intenſität der Contraction und die ganze Verkürzungsgröße derſelben in Wirkſamkeit treten.

Dieſer Satz ergiebt ſich aus den theoretiſchen Betrachtung von ſelbſt. Der Muskel vermag nur dann zu ziehen, wenn ſeine Faſern kürzer werden. Kann dieſe Bedingung nicht erfüllt werden, ſo wird ſein möglicher Zug auf Null reducirt. Durchſchneiden wir einen Muskel an ſeinen beiden Seiten, ſo daß er ſich von ſelbſt contrahirt, ſo tritt dieſer Erfolg noch nicht auf. Denn die Faſern haben in dieſem Falle nicht das Maximum ihrer Verkürzungsgrößen erreicht. Leiten wir einen galvaniſchen Strom ein, ſo contrahirt er ſich noch in einem geringeren oder größeren Grade und vermag daher nach außen zu wirken. Setzen wir die abſolute Intenſität ſeiner Kraft bei einem beſtimmten Reize = a, ſo wird ein Theil derſelben = b verbraucht, um jene von ſelbſt erfolgende Längenverminderung zu erzeugen. Contrahirt er ſich von neuem, ſo kann er dann bloß mit a — b arbeiten. Nur in dem Maximum der vorhergegangenen Ausdehnung iſt a im Stande, mit ſeiner Wirkſamkeit in vollem Maaße hervorzutreten.

Das Weſentliche dieſes Satzes wurde zuerſt von Schwann [1]) ausgeſprochen. Zur Erhärtung deſſelben diente folgender Apparat. Die Achillesſehne des ſenkrecht geſtellten Unterſchenkels des Froſches wurde mittelſt eines perpendiculären Fadens an das Ende des einen Balkens einer zweiarmigen Wagſchale befeſtigt. Der letztere war durch einen angebundenen Draht, welcher an einer Skale ſpielte, verlängert, damit eine kleine Zu-

---

[1]) Joh. Müller Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Coblenz, 1837. 8. S. 59—62.

ſammenziehung des Muskels durch einen großen Ausſchlag wiedergegeben würde. Die Schaale des anderen Armes wurde dann ſo weit beſchwert, daß ſie ein kleines Uebergewicht erhielt. Der verlängerte Wagebalken kam daher ſchief nach oben zu ſtehen. Sein Draht konnte an der Skale durch ein Stäbchen ſo fixirt werden, daß er wohl nach unten, nicht aber nach oben auszuweichen vermochte. Nun wurde der Ischiadicus gereizt. Mit der Contraction des Muskels ging natürlich der Draht an der Skale nach abwärts. Wurde er auf dieſen tiefſten Punkt eingeſtellt, ſo bewegte ſich der Wagebalken gar nicht mehr. Schob man aber das Fixirſtäbchen etwas in die Höhe, ſo ließ ſich ein Punkt finden, in welchem der Wagebalken eben bewegt wurde. Schwann ſchloß hieraus, daß dann die Kraft des Muskels dem aufgelegten Gewichte gleich ſei. Das Quantum der Verkürzung betrug im Allgemeinen $\frac{1}{6}$ der Größe, um welche das Stäbchen höher geſtellt worden. Wurde nun das Doppelte des Gewichts aufgelegt, ſo mußte das Stäbchen noch höher fixirt werden, wenn der Muskel den verlängerten Wagearm ziehen ſollte u. ſ. f. Auf dieſe Weiſe ſtand z. B. das Meßinſtrument bei 0 Grm. Gewicht auf 13,5°, bei 100 Grm. auf 18,8° und bei 200 Grm. auf 23,4° der Skale.

Dieſer Apparat dürfte mehrere nicht unerhebliche Einwendungen geſtatten. Abſtrahiren wir auch von dem geringen Uebergewichte der nicht belaſteten Wagſchaale, ſo war der Zugfaden bei den verſchiedenen Experimenten ungleich geſpannt und griff ſeinen Wagebalken nie unter einem rechten, ſondern bei jedem Verſuche unter einem anderen Winkel an. In erſterer Beziehung war daher eine Garantie mittelſt einer eigenen Nebenvorrichtung, in letzterer die Reduction auf die Coſinus der Angriffswinkel nothwendig. Denn ohne ſie konnte nicht die Kraft des Muskels mit Sicherheit beurtheilt werden. Allein ſelbſt abgeſehen hiervon war der ganze Apparat für die Beſtimmung des letzteren nicht vollkommen geeignet. Denn er gab nicht ſowohl die Intenſität, als die Größe der Verkürzung bei einem ſchon vorhandenen Grade der Längenverminderung an. Dieſes erhellt ſowohl aus der ſpeciellen Betrachtung der ganzen Einrichtung, als aus den Größen der gebrauchten Gewichte. Das angegebene Maximum der letzteren glich 200 Grn., d. h., wenn wir dieſe als preußiſche annehmen, $\frac{200}{16,4204}$ = 12,180 Grm., d. h. eine ſo kleine Zahl, wie ſie ſich nur bei ſehr hohen Verkürzungsgraden, an der Grenze des Erlöſchens der Kraft darbieten.

Um den obigen Satz an dem Myodynamometer experimentell nachzuweiſen, ſuchte ich vorzüglich die Hinderniſſe und Fehlerquellen, welche aus der ungleichen Spannung des Zugfadens hervorgehen, zu vermeiden. Es wurde daher an die gegen den Froſch gekehrte Fläche des Zugkreuzes das Oehr eines Heftchens befeſtigt. Das erſtere ward ſo angebracht, daß es jenſeits der Leitungsrolle in ſenkrechter Richtung fixirt war und daher nicht allein den perpendiculären, ſondern zugleich den wagerechten Theil des Zugfadens ſpannte und ſo den Zeiger des Dynamometers an einem beliebigen Grade fixirt hielt. Dicht an der durchſchnittenen Achillesſehne war der Haken des Heftchens befeſtigt und hierauf in das Oehr eingehängt worden. Durch Zurückſchieben des Froſchgeſtelles konnte man dann den Gastrocnemius beliebig ausdehnen, ohne daß die geringſte Veränderung in der Stellung des Zeigers oder der Spannung des Zugfadens vor ſich ging.

Mittelſt eines auf dieſe Weiſe eingerichteten Apparates kann man ſich an jedem Froſche leicht überzeugen, daß die Wadenmuskeln nur dann ihre Maximallaſt überwinden, wenn das untere am Tarſus abgeſchnittene Ende der Achillesſehne ein oder mehrere Millimeter weit über das Unterſchenkel-Tarſalgelenk hinausgezogen iſt. Je mehr dagegen der ſeines Anſatzes beraubte Gastrocnemius ſich ſelbſt überlaſſen wird, je ſtärker er ſich daher verkürzt, um ſo geringer iſt die Kraftwirkung, welche in Folge eines eingeleiteten galvaniſchen Stromes zum Vorſchein kommt. Eine allzugroße Ausdehnung aber, welche die Muskelfaſern dem Zerreißen nahe bringt, lähmt leicht gänzlich, ſo daß die Zuckungen für einige Zeit oder für immer ausbleiben.

Wie es ſcheint, ſteht die Abnahme der Laſtwirkungen mit der Größe der Verkürzung nahezu in geradem Verhältniſſe. Jedoch iſt es ſehr ſchwer, bei ſo delicaten Verſuchen zu einer ganz ſicheren Entſcheidung zu kommen. Als Beleg jener Vermuthung führe ich ein Beiſpiel an, welches in hohem Grade für dieſelbe ſprechen dürfte. Der 0,30 Grm. ſchwere Gastrocnemius eines kurz vorher enthaupteten Froſches von 24,06 Grm. Körpergewicht lieferte bei 180° bis 195° Galvanometer folgende Werthe:

Nr.	Zeit nach dem Tode in Minuten.	Entfernung eines beſtimmten fixen Punktes des Oberſchenkels von dem Durchſchnittsende der Achillesſehne in Millimetern.	Maximum der überwundenen Laſt in Grm.
1	6	31,50	523
2	8	30,25	280
3	10	29,50	131

Wir haben alſo, wenn wir Nr. 1 und Nr. 2 mit einander vergleichen, für 1,25 Millimeter Verkürzung 243 Grm. Verluſt an Laſtwirkung. Bei Zuſammenſtellung von Nr. 1 und 3 ergaben ſich für 2 Millimeter Verkürzung 392 Grm. Es verhält ſich aber:

$$1{,}25 : 2 = 243 : 388{,}8.$$

Rechnung und Erfahrung weichen mithin nur um 3,2 Grm. ab, ein Unterſchied, der, wie wir ſehen werden, ſchon durch eine fehlerhafte Meſſung von $\frac{196}{3{,}2} = \frac{1}{61{,}25}$ Millimeter veranlaßt werden kann. Ebenſo erhalten wir, wenn wir Nr. 2 und 3 parallelisiren, für 0,75 Millimeter Verkürzung 149 Grm. Wirkungsverluſt. Wir haben aber:

$$1{,}25 : 0{,}75 = 243 : 145{,}8 \text{ und}$$
$$2{,}00 : 0{,}75 = 392 : 147.$$

Hier differiren alſo Theorie und Erfahrung im erſteren Falle um 3,2 und im letzteren um 2 Grm., d. h. wieder um Werthe, die durch bloße Meſſungsfehler von $^1/_{61}$ bis $^1/_{88}$ Millimeter erzeugt ſein können. Denn combiniren wir Nr. 1 und 3, ſo haben wir für 1 Millimeter Verkürzung 196 Grm. Kraftverluſt.

Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß die Größe des Laſtwirkungsverluſtes, welche 1 Millimeter Verkürzung entſpricht, um ſo kleiner ausfällt, je mehr die Reizbarkeit ſinkt oder je ſchwächer die Muskeln von vorn herein ziehen. So z. B. zeigte derſelbe Gastrocnemius des oben erwähnten Froſches bei 190° Galvanometer, ſobald die Entfernung von dem fixirten Oberſchenkelpunkte bis zur Durchſchnittsſtelle der Achillesſehne 32,25 Millimeter betrug, 193 Grm. Laſtwirkung. Bei einer Länge von 30,5 Millim. dagegen ergaben ſich 72 Grm. Auf 1 Millimeter kamen daher nur 69,143 Grm. oder 0,35 oder etwas mehr, als $^1/_3$ des kurze Zeit nach der Enthauptung gefundenen Werthes.

Dritter Satz. **Sobald alle Reizbarkeit verſchwunden iſt, durchreißen die Muskelfaſern bei einer weit geringern Laſt, als ſie früher durch einen eingeleiteten galvaniſchen Strom zu ziehen im Stande waren. Dauert aber ihre Irritabilität noch fort, ſo ertragen ſie nicht ſelten Zuggrößen, welche ihren äußern Kraftwirkungen (abgeſehen von ihrem ſchiefen Anſatze an die Sehnenfaſern) nahe ſtehen oder ſelbſt gleich kommen.**

Schon bei den gewöhnlichen Dynamometerverſuchen kann man ſich von dem letzteren dadurch überzeugen, daß man das Zugkreuz hinwegläßt und den Zugfaden, nachdem er unter der Rolle hindurchgeleitet worden, an die Achillesſehne, den Rectus abdominis, den Sartorius u. dgl. befeſtigt. Durch Zurückrücken des Froſches vermag man dann den Zeiger verhältnißmäßig ſehr tief hinabzuführen, ohne daß die Muskelſubſtanz zerreißt. Anders verhält ſich jedoch die Sache 24 Stunden nach dem Tode, wenn keine deutliche Spur von Reizbarkeit mehr vorhanden iſt. Als Belege führe ich z. B. folgende Erfahrungen an:

1) Der linke 0,28 Grm. ſchwere Gastrocnemius eines Froſches von 29,06 Grm. Körpergewicht zog 47 Minuten nach der Enthauptung bei 195° Galvanometer 357,7 Grm. Nachdem er 24 Stunden in einem mit Waſſerdampf geſättigten Apparate gelegen, riß ſeine frei liegende Muskelſubſtanz bei 125 Grm. Laſt durch, während der untere durch ſeine häutige Ausbreitung geſchütztere Theil in einem zweiten Verſuche erſt

bei 170 Grm. ſeine Continuität aufgab. Der erſtere Werth beträgt aber 0,3495, der letztere 0,4753 der Laſt, welche die Wadenmuskeln $^3/_4$ Stunden nach dem Tode überwanden.

2) Der Gastrocnemius des bei Gelegenheit des zweiten Satzes erwähnten Froſches, welcher 6 Minuten nach dem Tode 523 Grm. zog, durchriß 24 Stunden ſpäter in ſeiner frei liegenden Muskelmaſſe bei 243 Grm. und an ſeinem oberen durch Sehnenpartheien geſchützten Theile bei 290 Grm. Jener Werth aber gleicht 0,4141, dieſer 0,5545 der urſprünglichen Laſtwirkung.

3) Der rechte, 0,27 Grm. ſchwere Gastrocnemius eines Froſches von 22,50 Grm. Körpergewicht zog $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde nach der Enthauptung 540 Grm., alſo 24 Mal ſo viel, als das Thier im Ganzen wog. Auf 1 Grm. Muskelſubſtanz kamen 2000 Grm. Laſtwirkung. 24 Stunden ſpäter riß die Muskelmaſſe bei 277 Grm. Laſt, alſo bei 0,5129 der früher genannten Kraftwirkung.

Vierter Satz. Durch zu häufige, binnen kurzer Zeit auf einander folgende Reize wird die Irritabilität dergeſtalt zerſtört, daß ſie momentan gleich Null wird. Sie ſammelt ſich ſpäter von Neuem, hat aber eine um ſo geringere Energie, je länger vorher das Thier getödtet und je öfter ſeine Reizbarkeit erſchöpft worden.

Da ſich dieſer Satz auch ohne weitere delicatere Verſuche ergiebt, ſo beſchränke ich mich darauf, eine einzige ſpecielle Beobachtungsreihe als Beleg anzuführen. Der 0,24 Grm. ſchwere linke Gastrocnemius eines Froſches von 29,65 Grm. Körpergewicht wurde anhaltend hinter einander mittelſt eines conſtanten Stromes der Bunſen'ſchen Zink-Kohlenſäule ſo lange gereizt, bis keine Kraftwirkungen mehr am Dynamometer erfolgten. Hierbei ergab ſich dann:

Reizung.	Zeit derſelben.	Zugkraft des Muskels in Grm.	Durchſchnittlicher Verluſt an Laſtwirkung für eine einmalige Reizung in Grm.
14te	3 U. 19 M.	339	—
20ſte	3 U. 21 M.	307,5	5,25
26ſte	3 U. 22 M.	271,5	6,00
50ſte	3 U. 23 M.	231,5	1,66
58ſte	3 U. 24$^1/_2$ M.	201	3,81
68ſte	3 U. 25$^1/_2$ M.	175	2,60
79ſte	3 U. 26$^1/_2$ M.	155	1,82
84ſte	3 U. 27 M.	131	4,80
97ſte	3 U. 28 M.	116	1,15
111te	3 U. 29 M.	100	1,14
120ſte	3 U. 30 M.	81	2,11
125ſte	3 U. 30$^1/_2$ M.	71	2,00
129ſte	3 U. 31 M.	50	5,25
138ſte	3 U. 32 M.	40	1,11
148ſte	3 U. 33 M.	31	0,90
154ſte	3 U. 33$^1/_2$ M.	23	1,33
186ſte	3 U. 35 M.	17	0,19
245ſte	3 U. 36$^1/_2$ M.	11	1,02

Ein zweiter Froſch von 21,77 Grm. wurde um 11 Uhr 8 Minuten enthauptet. Nachdem einige Zeit hierauf ſeine Reizbarkeit erſchöpft worden, ließ man ihn faſt drei

Stunden ruhig liegen und wiederholte die Beobachtungsreihe von neuem. Es zeigte ſich hierbei:

Erſte Reihe.

Reizung.	Zeit derſelben.	Zugkraft des Muskels in Grm.	Durchſchnittlicher Verluſt an Laſtwirkung für eine einmalige Reizung in Grm.
9te	11 U. 27½ M.	378,8	—
15te	11 U. 28½ M.	328,8	8,33
18te	11 U. 29½ M.	295,5	11,10
27ſte	11 U. 30 M.	256,4	4,34
137ſte	11 U. 33½ M.	216,5	0,36
144ſte	11 U. 34 M.	196,4	2,85
150ſte	11 U. 35 M.	169,7	4,45
155ſte	11 U. 35¾ M.	147,4	4,46
160ſte	11 U. 36½ M.	127,4	4,00
186ſte	11 U. 38 M.	110,7	0,64
197ſte	11 U. 38¾ M.	90,7	1,82
210te	11 U. 39½ M.	80,7	0,77
214te	11 U. 41 M.	70,7	2,50
226ſte	11 U. 42 M.	55,1	1,30
285ſte	11 U. 44 M.	45,1	0,17
313te	11 U. 45½ M.	37,7	0,27

Zweite Reihe.

Reizung.	Zeit derſelben.	Zugkraft des Muskels in Grm.	Durchſchnittlicher Verluſt der Laſtwirkung für eine einmalige Reizung in Grm.
2te	2 U. 36 M.	44,7	—
5te	2 U. 36¼ M.	29,7	3,00
8te	2 U. 37 M.	22,7	1,16
12te	2 U. 37¾ M.	14,7	2,00

Fünfter Satz. Bleiben die einwirkenden Reize genau dieſelben, ſo ſcheint im Ganzen die Größe der Laſtwirkung, welche durch Irritation von Muskeln enthaupteter Fröſche zu erzielen iſt, ungefähr in gleichem Verhältniſſe der Zeit abzunehmen, ſo daß, wenn man jene auf Minuten vertheilt, für jede derſelben bei den verſchiedenen Prüfungen ungefähr derſelbe Werth verloren geht.

Unter allen Problemen, welche die Muskelcontraction darbietet, iſt keines ſo ſchwer löslich, als dasjenige, welches das Verhältniß der Zeit zu dem Schwinden der Reizbarkeit betrifft. Die Aufgabe böte keine Hinderniſſe dar, wenn man nur eine Methode beſäße, um mittelſt eines einzigen Reizverſuches das Maximum der actuellen Kraft des

Muskels zu finden. Da man aber bei jedem Verſuche mindeſtens einige Male probiren muß, ſo wird hierdurch die Reizbarkeit, je mehr ſie ſchon abgenommen, um ſo mehr erſchöpft. Aus dieſem Grunde erhält man dann ſelbſt im beſten Falle nur annähernde Zahlen, welche keine hinreichend ſicheren Grundlagen für die Berechnung abgeben.

Engelhardt [1]) hatte ſich ſchon früher mit dem Studium dieſer Verhältniſſe beſchäftigt. Er ließ die eine untere Extremität im Ganzen auf ſeine oben erwähnte Zeigerwage wirken. Der galvaniſche Strom ging durch das Hüftgelenk und die Muskeln. Man regte jedes Mal nach einem beſtimmten Zeitabſchnitte eine Zahl von Contractionen an, um das hier zum Vorſchein kommende Maximum der Laſtwirkung kennen zu lernen. Allein es zeigte ſich bei dieſen Beobachtungen kein durchgreifendes Geſetz. Um jedoch einem ſolchen nachzuſpüren, verglich Engelhardt ſeine hierbei erhaltenen Reſultate mit denjenigen Zahlen, welche ſich ergeben müßten, wenn die Reizbarkeit in dem Quadrate der Zeit oder in einer arithmetiſchen oder einer geometriſchen Reihe abnähme. Zu Unterſtützung der letzteren Annahme ſchien nur eine Verſuchsreihe geeignet. In der zweiten nämlich, die von Engelhardt angeſtellt worden, ergaben ſich nach Reizung des Schenkels von 10 zu 10 Minuten $5\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{4}$, 0 Drachmen Zuggewicht. Dieſe Zahlen laſſen ſich mit der geometriſchen Reihe 5,5—1,25—0,2841 vergleichen. Die letztere jedoch ſelbſt iſt zu kurz, als daß ſich aus ihr irgend ein Schluß entnehmen ließe. Wollte man ſich aber auch nur mit annähernden Ergebniſſen befriedigen, ſo hätte bloß die Annahme, daß die Reizbarkeit in dem Quadrate der Zeiten abnähme, einige Chancen für ſich, wenigſtens könnten dann folgende Beobachtungen von Engelhardt hierher gezogen werden:

Zeitperiode der Reizung in Stunden.	Zugkraft in Drachmen.	
	Gefunden.	Berechnet.
$\frac{1}{6}$	5,5—1,25—0.—	5,5—1,375,0.
$\frac{1}{2}$	16,66—12—6—3—1—0.	16,66—10,66—6—2,66—0,66.
1	16—9—3,5—1—0.	16—9—1—1.
1	17,33—9—2—0.	17,33—7,70—1,923.

Eine einfache arithmetiſche Reihe paßt auf keinen dieſer Verſuche.

Schon früher wurde angeführt, daß bei dem von dieſem Forſcher gebrauchten Apparate weder der Angriffswinkel conſtant blieb, noch ſtets die Excurſionsgröße, noch ſelbſt das Maximum der Kraft mit Sicherheit gefunden wurde. Abſtrahiren wir aber ſelbſt hiervon, ſo bleibt ein Zweifel, ob der galvaniſche Strom in Engelhardt's verſchiedenen Verſuchen immer der gleiche blieb und ob, da die Extremität im Ganzen geprüft wurde, dieſelben Muskeln nach einer halben oder einer ganzen Stunde in gleicher Weiſe wie früher zur Contraction kamen.

Ich habe über dieſen Gegenſtand bis jetzt 15 Verſuchsreihen, von denen faſt jede einen halben Tag fortgeſetzt wurde, angeſtellt, ohne zu definitiven Reſultaten zu gelangen. Die Schwierigkeit liegt nämlich hierbei in folgenden Punkten. 1) Hängt die Größe der Laſtwirkung von der Größe des galvaniſchen Stromes ab. So wie dieſer ungleich wird, fallen auch die am Dynamometer zu gewinnenden Zahlen ungleich aus. Ich verſuchte daher zuerſt immer dieſelben einfacheren oder ſtärkeren galvaniſchen Plattencombinationen zu gebrauchen und die Ströme am Galvanometer zu meſſen. Allein einerſeits giebt das letztere bei ſo intenſiven Strömen, wie ſie hier zu länger fortgeſetzten Verſuchsreihen unerläßlich ſind, keine ganz ſicheren Werthe und anderſeits iſt es nicht möglich, ſelbſt bei der größten Genauigkeit der Zurüſtung dieſelben Säulen zu verſchiedenen Zeiten zu erhalten. Ich gebrauchte daher ſpäter die in der Folge geſchilderte conſtante Zink-Kohlenſäule. Allein auch hier fielen die Reſultate nicht beſſer aus. 2) Kann man

[1]) E. Engelhardt De vita musculorum Observationes et Experimenta. Bonnae, 1841. 8. p. 32—36.

nicht auf der Stelle das Maximum der Laſtwirkung mit Sicherheit auffinden. Man muß mehrere Male hinter einander galvaniſche Ströme einleiten. Dadurch kann leicht, indem die Irritabilität abnimmt, ein Fehler der Beſtimmung entſtehen. 3) Hat man zu einer Zeit eine größere Zahl von Reizverſuchen vorgenommen, ſo ſpürte man nicht ſelten die Folgen eine oder mehrere Stunden ſpäter, indem die Reſultate anders, als man es theoretiſch erwarten mußte, ausfielen. Aus dieſen Gründen erhielt ich, wie ich glaube, keine einzige Verſuchsreihe, bei welcher die Werthe gleichförmig abnahmen, ſo wie man die Berechnung nach den einzelnen Zwiſchenperioden anſtellt. Dieſes Ziel wird aber bei einzelnen derſelben erreicht, wenn man den Anfang der Verſuchsreihe für jede einzelne Beſtimmung als Ausgangspunkt wählt. In anderen Beobachtungen nahm die Irritabilität zuerſt auf gleichförmige Weiſe ab, verharrte aber ſpäter mit größerer Zähigkeit, ſo daß geringere Verluſtwerthe auf die Minute kamen. Zur näheren Erläuterung dieſer Ausſprüche führe ich folgende ausgewählte Einzelbeobachtungen an:

1) Ein Froſch von 20,25 Grm. Körpergewicht, der um 2 Uhr 42 Minuten war enthauptet worden, ergab an ſeinem linken Gastrocnemius:

Zeit der Reizung		Abweichung der Magnetnadel am Galvanometer in Graden.	Größe der Laſtwirkung in Grm.	a. Seit der Beſtimmung der letzten Wirkung verfloſſene Zeit in Minuten.	b. Seit dem Anfang der Verſuchsreihe verfloſſene Zeit in Minuten.	Größe des Verluſtes an Laſtwirkung			
						im Ganzen bei		für eine Minute bei	
Uhr.	Minuten.					a	b	a	b
2	55	200	635	—	—	—	—	—	—
3	25	205	435	30	30	200	200	6,66	6,66
3	46	205	301	21	51	134	334	6,38	6,55
4	0	205	201	14	65	100	434	7,14	6,68
4	14	200	124	14	79	77	511	5,50	6,47
4	58	200	0	44	123	—	—	—	—

Nach den in der letzten Columne angeführten vier Minutenbeſtimmungen haben wir im Mittel 6,59 Grm. Laſtverluſt. Da nun aber $\frac{635}{6,59} = 96,358$ iſt, ſo konnten 123 Minuten nach der Enthauptung keine Effecte mehr hervortreten.

Zwiſchen der Enthauptung und der erſten Beſtimmung waren 13 Minuten verfloſſen. Wir können daher annehmen, daß im Augenblicke der erſteren die Laſtwirkung des Gastrocnemius für den angewandten galvaniſchen Strom $635 + 13 \times 6,59 = 720,67$ Grm. betrug. Der Muskel ſelbſt wog 0,26 Grm. Auf 1 Grm. deſſelben kamen mithin 2777,8 Grm. Zugeffect.

2) Daß eine zu ſtarke Reizung die Irritabilität bedeutender herabſetzt, daß dieſe aber dann, wenn ſolche Bedingungen wegfallen, gleichförmiger ſinkt, kann nachfolgende Verſuchsreihe belegen. Ein Froſch von 24,06 Grm. war um 10 Uhr 54 Minuten enthauptet worden. Sein Gastrocnemius diente im Anfange zu einer Reihe von Verſuchen über den Einfluß der Länge des Muskels auf die Größe der Laſtwirkung. Später dagegen blieb er ruhig liegen und wurde nur nach größeren Zwiſchenräumen in ſeinen Reizbarkeitsverhältniſſen unterſucht. Er zeigte:

Zeit der Reizung		Abweichung der Galvanometernadel in Graden.	Größe der Laſtwirkunz in Grm.	a. Seit der Beſtimmung der letzten Wirkung verfloſſene Zeit in Minuten.	b. Seit dem Anfang der Verſuchsreihe verfloſſene Zeit in Minuten.	Größe des Verluſtes an Laſtwirkung			
						im Ganzen bei		für eine Minute bei	
Uhr.	Minuten.					a	b	a	b
11	0	190	523	—	—	—	—	—	—
12	0	190	193	60	60	330	330	5,50	5,50
2	50	195	97	170	230	96	426	0,56	1,85
3	32	195	25	42	272	72	498	1,71	1,83
3	43	—	0	11	283	—	—	—	—

Nehmen wir als Mittel des Verluſtes bei ruhigem Verhalten 1,84 Grm. an, ſo mußte der Zugeffect nach 11 Minuten $25 - 11 \times 1,84$ Grm. = 4,76 Grm. gleichen, d. h. kleiner, als die Reibung der Achſe des Wellenrades des Zugfadens ausfallen. Sie konnte daher gar nicht mehr an dem Zeiger des Dynamometers zum Vorſchein kommen.

3) Als Beleg, daß bisweilen im Ganzen eine Abnahme des Verluſtes der Reizbarkeit Statt finde, daß dieſe aber im Einzelnen nur ein Mal eintrete, ſpäter dagegen aufhöre, möge dieſe Beobachtungsreihe dienen. Ein Froſch von 28,10 Grm. wurde Morgens um 5 Uhr 58 Minuten enthaupket. Um 10 Uhr 6 Minuten, alſo 248 Minuten nach dem Tode, zog der iſolirte linke Gastrocnemius, der nur 0,27 Grm. wog, mehr als 750 Grm., alſo mehr als 2777 ſeines Gewichtes. Späterhin aber ergab er folgende Werthe:

Zeit der Reizung		Abweichung des Galvanometers in Graden.	Größe der Laſtwirkung in Grm.	a. Seit der Beſtimmung der letzten Wirkung verfloſſene Zeit in Minuten.	b. Seit dem Anfang der Verſuchsreihe verfloſſene Zeit in Minuten.	Größe des Verluſtes an Laſtwirkung			
						i Ganzen		für eine Minute	
Uhr.	Minuten.					a	b	a	b
11	29	210	417	—	—	—	—		
11	59	210	373	30	30	44	44	1,47	1,47
1	24	210	249	85	115	124	168	1,46	1,46
3	55	210	55	151	266	194	362	1,28	1,37
4	13	215	42	18	284	13	375	0,72	1,32
4	26	220	18	13	297	24	399	1,85	1,34
4	32	215	16	6	303	2	401	3,66	1,32

Legen wir den anfänglichen Minutenverluſt = 1,47 Grm. zum Grunde, ſo haben wir für die Kraſt des Gastrocnemius im Momente der Enthauptung $417 + 248 \times 1,47$ = 881,56 Grm. Er zog mithin $\frac{881,56}{0,27} = 3265$ Mal ſo viel, als er ſelbſt wog.

4) Ein Beiſpiel einer fortwährend abnehmenden Reihe lieferte ein Froſch von 23,80 Grm. Er zeigte, nachdem er um 6 Uhr enthauptet worden:

Zeit der Reizung		Abweichung der Magnetnadel am Galvanometer in Graden.	Größe der Lastwirkung in Grm.	a. Seit der Bestimmung der letzten Wirkung verfloſſene Zeit in Minuten.	b. Seit dem Anfang der Verſuchsreihe verfloſſene Zeit in Minuten.	Größe des Verluſtes an Lastwirkung			
						im Ganzen bei		für eine Minute bei	
Uhr.	Minuten.					a	b	a	b
10	15	150	427	—	—	—	—	—	—
10	45	160	343	30	30	84	84	2,80	2,80
11	10	160	305	25	55	38	122	1,52	2,22
12	3	160	219	53	108	86	208	1,62	1,92
12	54	180	171	51	159	48	256	0,94	1,61
2	0	170	111	66	225	60	316	0,91	1,40
3	18	175	88	78	303	23	339	0,30	1,12
3	38	180	80	20	323	8	347	0,40	1,08
3	57	180	65	19	342	15	362	0,79	1,06
4	48	175	11	51	353	54	416	1,06	1,18

Da zwiſchen der Enthauptung und dem erſten Verſuche 4 Stunden 15 Minuten verfloſſen waren, ſo haben wir für die Kraft des linken Gastrocnemius im Momente des Todes $427 + 255 \times 2{,}8 = 1141$ Grm. Er wog 0,30 Grm. Seine Zugkraft betrug mithin das 3423fache ſeines Gewichtes.

Alle bisher erwähnten und noch ſechs andere Verſuchsreihen, die ähnliche Reſultate lieferten, wurden mittelſt einer aus ſieben Kupfer-Zinkplattenpaaren beſtehenden galvaniſchen Säule, bei welcher als feuchter Leiter ein mit verdünnter Schwefelſäure durchtränkter Pappdeckel diente, angeſtellt. Mittelſt des Bunſen'ſchen Kohlenapparates machte ich fünf Beobachtungen. Ich bediente mich hierzu eines einfachen Elementes, welches zwar etwas ſchwächer, als die genannte galvaniſche Säule arbeitete, aber immer mit hinreichender Stärke und Präciſion wirkte.

Fig. 90.

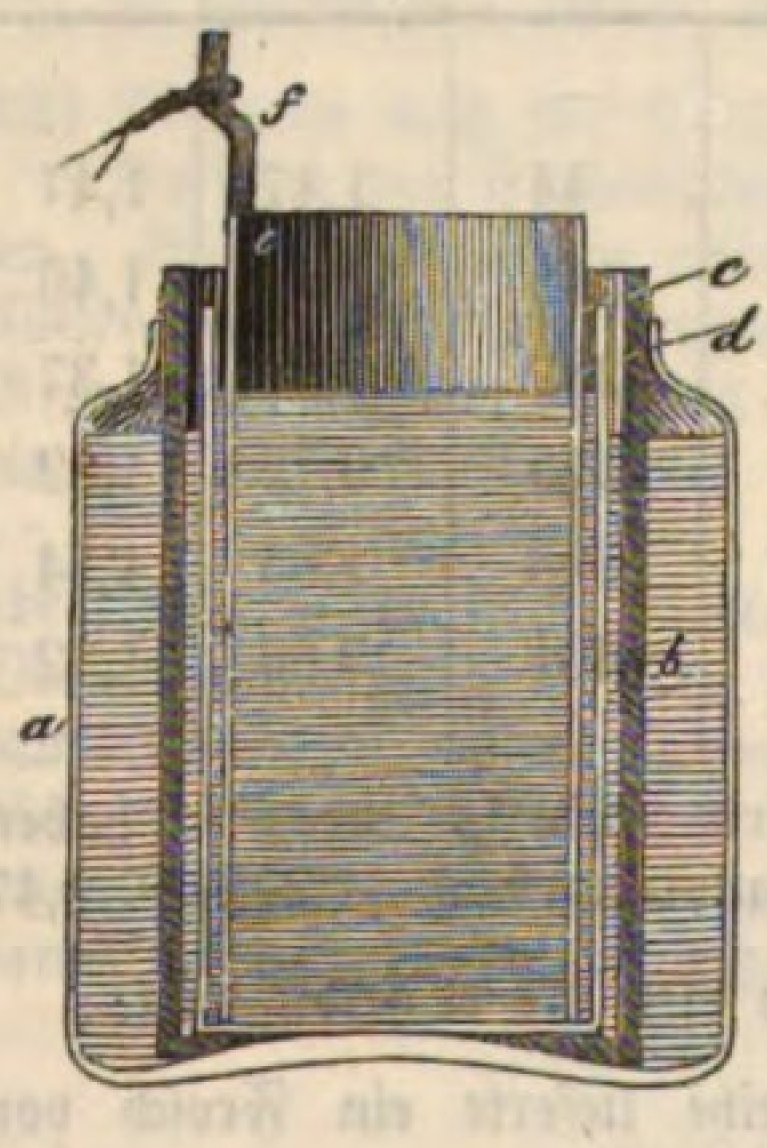
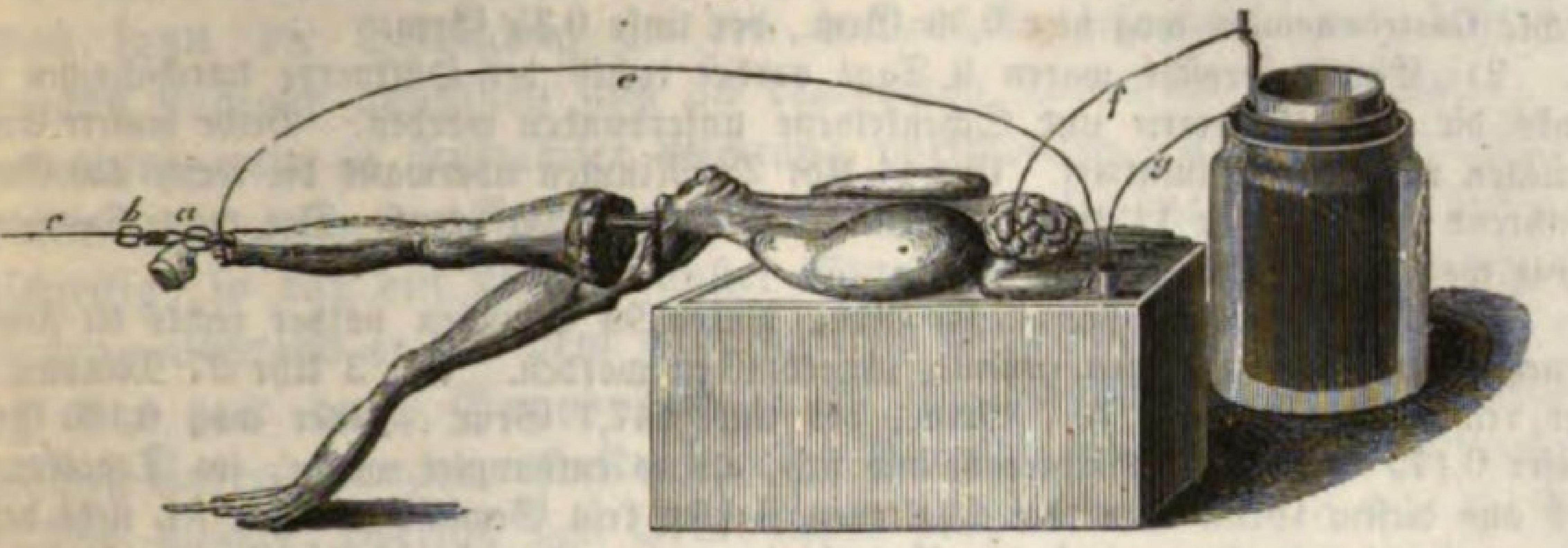


Fig. 90. zeigt uns die Vorrichtung im ſenkrechten Längendurchſchnitte. In einer mit einem verengten Halſe verſehenen Flaſche a befindet ſich verdünnte Salpeterſäure b. In ihr ſteht ein gebrannter und mit Löchern verſehener Bunſen'ſcher Kohlencylinder c von 13 Centimeter Höhe, ungefähr ½ Centimeter Dicke und circa 5,4 Centimeter Durchmeſſer. Innerhalb deſſelben befindet ſich ein Cylinder von Pfeifenthon d von 10,3 Centimeter Höhe, 0,1 Centim. Dicke und 4,8 Centim. Durchmeſſer. Er iſt mit ſehr verdünnter Schwefelſäure gefüllt und enthält einen der Länge nach aufgeſchlitzten Zinkcylinder e von 9 Centim. Höhe und 0,15 Centim. Dicke und 3,8 Centim. Durchmeſſer. Der letztere hat einen Handgriff f, an welchen die poſitive Elektrode angebracht wird. Man läßt ihn vor dem Gebrauche ſo lange in verdünnter Schwefelſäure ſtehen, bis eine allgemeinere Waſſerſtoffgasentbindung zum Vorſchein kommt, und amalgamirt ihn alsdann mit Queckſilber.

Den vollſtändigen Apparat zeigt uns Fig. 90. An dem Oberſchenkel des enthaupteten Froſches ſind alle Theile bis auf den Schenkelknochen und den Hüftnerven durchſchnitten. Die Achillesſehne iſt an dem Oehr des Heftchens a befeſtigt, während der Haken b an dem Zugfaden c arbeitet. Der Fuß iſt hinweggeſchnitten. Auf dem Käſtchen, welches den Froſch trägt, befindet ſich ein Gläschen mit Queckſilber d. In daſſelbe taucht ein Draht e, welcher an der Achillesſehne befeſtigt

Fig. 91.



iſt. Von dem Handgriffe des Zinkcylinders des Bunſen'ſchen Apparates führt eine Elektrode f in das Rückenmark. Um den Kohlencylinder iſt ein Draht gewickelt, der als zweite Elektrode g bei dem Schluſſe der Kette in das Queckſilbernäpfchen d eingetaucht wird.

5) Ein Froſch von 29,60 Grm. Körpergewicht wurde um 10 Uhr 10 Minuten enthauptet und zeigte:

Zeit der Reizung		Größe der Laſtwirkung in Grm.	a. Seit der Beſtimmung der letzten Wirkung verfl. Zeit in Grm.	b. Seit dem Anfange der Verſuchsreihe verfloſſene Zeit in Minuten.	Größe des Verluſtes an Laſtwirkung			
					im Ganzen bei		für eine Minute bei	
Uhr.	M.				a	b	a	b
10	33	436	—	—	—	—	—	—
11	13	230	40	40	206	206	5,15	5,15
12	3	187	50	90	43	249	0,86	2,77
1	36	131	93	183	56	305	0,60	1,66
2	28	101	52	235	30	335	0,58	1,43
4	56	0	148	383	—	—	—	—

Da $\frac{101}{1,43} = 70,6$ iſt, ſo konnte die Reizbarkeit nur bis 3 Uhr 39 Minuten anhalten. Es vermochten daher um 4 Uhr 56 Minuten keine Effecte mehr hervorzutreten.

In vier andern Beobachtungsreihen ergaben ſich ähnliche Verhältniſſe, ſo daß ich im Allgemeinen die Frage unentſchieden laſſen muß, ob die ſpätere größere Zähigkeit der Zugwirkung nur Schein oder Wahrheit ſei. Allein jedenfalls dürfte im Ganzen eine einfache gleichnamige Abnahme der Irritabilität das Meiſte für ſich haben.

Sechſter Satz. Nach Unterbindung der Schenkelarterie oder Schenkelvene oder der Durchſchneidung des Hüftnerven erhält ſich die größtmögliche Zugwirkung des Gastrocnemius, ſelbſt wenn keine beſondere Uebung der kranken Extremität vermittelſt eingeleiteter galvaniſcher Ströme Statt findet, die erſten Tage unverändert.

Als Belege hierfür laſſen ſich folgende mittelſt der Bunſen'ſchen Säule gemachte Beobachtungen anführen:

1) Einem Froſche von 27,83 Grm. war 91 Stunden vorher der linke Hüftnerve in der Mitte des Oberſchenkels durchſchnitten worden. Der linke Gastrocnemius zog um 10 Uhr 43 Minuten in dem Maximum ſeiner natürlichen Verlängerung 478 Grm., der rechte um 10 Uhr 46 Minuten 505 Grm. Dieſer Unterſchied iſt zu unbedeutend, als

daß er eine Schwächung der gelähmten Wadenmuskeln mit Sicherheit nachwieſe. Der rechte Gastrocnemius wog hier 0,36 Grm., der linke 0,35 Grm.

2) Einem Froſche waren 9 Tage vorher rechts der Hüftnerve durchſchnitten und links die Schenkelarterie und Schenkelvene unterbunden worden. Beide hintere Extremitäten waren ſtark infiltrirt. Um 11 Uhr 28 Minuten überwand die rechte 250 Grm., während die linke um 11 Uhr 30 Minuten genau daſſelbe ergab. Der rechte Gastrocnemius wog 0,28, der linke 0,29 Grm.

3) Einem Froſche von 17,05 Grm. waren 96 Stunden vorher rechts die Arteria cruralis und links die Vena cruralis unterbunden worden. Um 3 Uhr 37 Minuten zog der rechte Wadenmuskel 70,7 Grm., der linke 147,7 Grm. Jener wog 0,180 Grm., dieſer 0,175 Grm. Das Thier befand ſich, als es enthauptet wurde, im Todeskampfe. Ob aus dieſem Grunde auf die erhaltenen Zahlen kein Gewicht zu legen ſei, ſteht dahin. Engelhardt [1]) fand, daß die Unterbindung der Arterie nachtheiliger, als die der Vene wirke.

4) Einem männlichen Froſche von 33,41 Grm. Körpergewicht war die linke Schenkelvene unterbunden worden. Die Extremität zeigte ſich 93 Stunden ſpäter, wo die Enthauptung Statt fand, ſtark infiltrirt. Sie bewältigte um 11 Uhr 37 Minuten 545 Grm., während die rechte um 11 Uhr 38 Minuten genau dieſelbe Laſtwirkung angab. Der rechte Gastrocnemius wog 0,41 Grm., der linke 0,52 Grm.

5) Bei einem Froſche von 28,74 Grm. Körpergewicht, dem 12 Tage vorher die linke Schenkelſchagader unterbunden worden war, zog der Gastrocnemius der Extremität dieſer Seite 15 Minuten nach der Enthauptung 536 Grm., die andere dagegen 556 Grm. Später zeigte ſich ſogar, daß die Wadenmuskeln der geſunden Seite 1¼ Stunden nach der Enthauptung nur 186,8 Grm., der der kranken dagegen 280 Grm. überwanden.

Specialbewegungen des Menſchen.

Einzelne Theile.

822 Kopf und Hals. — Der Hinterhaupts- und der Stirnmuskel bilden zuſammen zwei Kräfte, welche ungefähr wie die Gewichte einer zweiarmigen Wage entgegengeſetzt arbeiten. Der Occipitalis führt die behaarte Kopfhaut nach hinten und zum Theil nach unten, der Frontalis dagegen die Bedeckungen der Stirn nach oben. Von dieſem Geſichtspunkte aus können auch beide Muskeln als ein Musculus epicranius angeſehen werden (Albin, Meckel, Theile). Bei Menſchen, an welchen dieſer ſtark entwickelt oder geübt iſt, vermag die Kopfhaut durch abwechſelnde Thätigkeit des Occipitalis und Frontalis dergeſtalt hin und zurück bewegt zu werden, daß die Haare an den entſprechenden Stellen auf ſichtliche Weiſe vor- und zurückweichen.

823 In der Gegend der Augenlider und der Augenbrauen haben wir einen complicirten Muskelapparat, deſſen Detailwirkungen zum Theil noch ſpeciellerer Studien bedürfen. Die innere Portion des Orbicularis oculi ſchließt die Augendeckel, ſo daß die Ränder der Lider einander berühren. Hierbei iſt die Bewegung der untern Palpebra geringer als die der obern, weil die entſprechende Portion der für die letztere beſtimmten Muskulatur in dem Levator palpebrae superioris ihren natürlichen Antagoniſten hat. Zu gleicher Zeit entſteht hierdurch eine geringe horizontale Verrückung, welche

[1]) a. a. O. p. 39.

durch die relative Lage der Thränenpunkte erkannt zu werden vermag. Jedoch kann die Bewegung an den beiden Augen eines und deſſelben Menſchen ungleich ausfallen und an dem einen ſtärker in horizontaler, an dem andern mehr in ſenkrechter Richtung vorſchreiten (Theile)[1]). Beide inneren Sphincteren des Auges agiren in der Regel ohne beſondere Uebung gleichzeitig, ſo daß ein Menſch außer Stande iſt, das eine Auge völlig zu ſchließen, während er mit dem andern einen Gegenſtand fixirt. Jedoch erlangt man bald durch Gewohnheit, z. B. bei aſtronomiſchen oder mikroſkopiſchen Unterſuchungen, die Kraft, dieſe Unvollkommenheit zu überwinden.

Die äußere Portion des Orbicularis palpebrarum hebt die an ihm liegende Haut, vorzüglich an der obern, äußern und untern Peripherie des Auges wallartig hervor, zieht zugleich in Verbindung mit dem Corrugator supercilii die Augenbraue nach unten und trägt auf dieſe Weiſe zur Beſchattung des Auges bei. Er dient daher z. B., wenn wir plötzlich aus einem dunklen in einen hellen Raum treten, und erlangt bei ſehr kurzſichtigen Perſonen, ſobald ſie in die Ferne ſehen, einen ſtärkern habituellen Contractionsgrad. Vermöge ſeiner zum Heber der Oberlippe tretenden Faſern kann er auch auf dieſe in geringem Maaße wirken.

Man ſieht leicht, daß die Natur die Faſern des inneren Theiles des Orbicularis palpebrarum quer legen mußte, weil ſenkrechte oder ſchiefe Faſern den Augenlidrand mehr nach außen gerollt, als gehoben haben würden. In Folge einer ſolchen Anordnung wäre ein habituelles Ectropium entſtanden. Auch der Levator palpebrae superioris hätte alsdann das obere Augenlid nicht ſowohl in die Höhe gebracht, als umgewendet. Wie aber die Verhältniſſe angeordnet ſind, bilden der zuletzt genannte Muskel und die obere Portion des inneren Theiles des Orbicularis palpebrarum Antagoniſten. Iſt jener gelähmt, ſo kann ſich dieſer möglicher Weiſe mit übermäßiger Kraft zuſammenziehen und das obere Augenlid habituell zu ſehr contrahirt erhalten. Daher man auch die Durchſchneidung des inneren Theiles des Orbicularis oculi als Heilmittel der Paralyſe des Levator palpebrae superioris empfohlen hat (Dieffenbach). Am einfachſten dürfte er an einem der Augenwinkel anzugreifen ſein. Daß auch die Trennung dieſes Muskels bei zu ſtarker Zuſammenziehung deſſelben und daher entſtehender Schiefſtellung der Cilien von Nutzen ſei, hat die Erfahrung beſtätigt (Robert)[2]).

Indirect muß zugleich die innere Parthie des Kreismuskels des Auges, indem ſie das Augenlid gegen den Bulbus drückt, den Austritt des Secretes der Meibomiſchen Drüſen unterſtützen. Auf den Thränenſack hat ſie keine erhebliche Wirkung. Eher kann ſie die zwiſchen den Conjunctivablättern befindlichen Thränen preſſen und durch den ſogenannten Hornerſchen Muskel den Thränenſee verengern, um auf dieſe Weiſe zur Abführung der Thränen beizutragen.

Von den in der Augenhöhle und dem Gehörorgane liegenden Muskeln wird in der Phyſiologie der Sinneswerkzeuge gehandelt werden.

Die Geſichtsmuskeln concentriren ſich in ihren Wirkungen vor- 824
züglich darauf, die Oeffnungen der Naſe und des Mundes zu verändern und die ihnen entſprechenden Hauttheile zu verſchieben, zu runzeln oder auf andere Weiſe aufzuwulſten. Die Naſe erhält in dieſer Hinſicht die wenigſten und ſchwächſten eigenthümlichen Apparate. Hierher gehören der Depressor alae nasi, welcher in Verbindung mit dem Compressor narium

[1]) S. T. von Soemmerring Lehre von den Muskeln und Gefäßen des menſchlichen Körpers. Umgearbeitet von F. W. Theile. Leipzig, 1841. 8. S. 30.

[2]) Robert in Walther und Ammon's Journal für Chirurgie und Augenheilkunde. 1843. 8. S. 27.

den Naſenflügel nach außen und nach unten zieht und zugleich ſeinen äußern und hintern Theil gegen den Oberkieferknochen führt, ſo daß die benachbarten Stellen der Oberlippe und der Wangen wulſtiger hervorzutreten ſcheinen, und die beiden Erweiterer jedes Naſenflügels, von denen der Dilatator narium anterior den vordern, der posterior den hintern Theil des erſtern nach außen bewegt. Die übrigen Naſenmuskeln ſind entweder ein bloßes Succurſal anderer muskulöſer Gebilde oder ſie haben zu gleicher Zeit die Nebenbeſtimmung, auf die Mundhöhle einzuwirken. In erſterer Beziehung ſtellt der Procerus, welcher die Haut des Naſenrückens in die Höhe hebt, eine Dependenz des Frontalis dar. In die letztere Kategorie dagegen gehört der Levator alae narium labiique superioris, welcher den Naſenflügel nebſt der Oberlippe emporführt und die Naſenhaut zum Theil faltet. Beiderlei Momente endlich vereinigt der als Herabzieher der Naſe arbeitende Nasalis labii superioris, da er einerſeits eine bloße Abtheilung des Orbicularis oris darſtellt und anderſeits, nur mit einem Theile des letzteren verbunden, zu wirken vermag.

825 Die Thätigkeit faſt aller übrigen Geſichtsmuskeln iſt für die Orts- und Geſtaltsveränderungen der Lippen berechnet. Eine Ausnahme hiervon bilden nur der Levator menti und der Anomalus maxillae inferioris. Im Allgemeinen hat der Orbicularis oris die Beſtimmung, den Umfang der Lippen in irgend einer Beziehung zu verkleinern, während die übrigen Geſichtsmuskeln (Buccinator, Levator alae narium labiique superioris, Levator labii superioris proprius, Levator anguli oris, Zygomaticus major et minor und Depressor anguli oris) den entgegengeſetzten Effect beſitzen und daher dem Kreismuskel des Mundes entgegenarbeiten. Zu gleicher Zeit verhalten ſich aber auch die meiſten gleichartigen Geſichtsmuskeln als ſeitliche Antagoniſten zu einander. Dieſe Combination, die bald zu erwähnende Verwebung der Faſern und die Möglichkeit, daß ſelbſt einzelne Bündel der Antlitzmuskeln iſolirt wirken können, bedingt die unendliche Mannichfaltigkeit des Mimenſpieles, welches ſo zu dem entſprechenden oder veränderten Abdrucke der geiſtigen Regungen wird.

826 Der Orbicularis oris bildet keinen wahren Sphincter und keinen vollkommen iſolirten Muskel, ſondern hängt durch einzelne Faſern vorzüglich mit dem Buccinator, dem Levator und dem Depressor anguli oris, den Zygomaticis und dem Platysmammeoides zuſammen. Dadurch, daß er in eine innere oder centrale und eine äußere oder periphериſche Schicht zerfällt, findet er an den weichen nachgiebigen Lippen einen weit mannichfaltigern Wirkungskreis als der Orbicularis oculi an den Augenlidern. Arbeitet der Muskel im Ganzen, ſo wird die Breitenachſe der Mundſpalte verkleinert, der ſenkrechte Längendurchmeſſer dagegen vergrößert. Die Art und Weiſe, wie ſich hierbei die Lippen geſtalten, hängt von der Größe der Thätigkeit der einzelnen Faſerbündel und der actuellen Ausdehnung der Mundöffnung ab. Dieſe Nebenmomente bedingen z. B. die Formabweichungen, die wir bei dem Eſſen, dem Küſſen, dem Pfeifen u. dgl. wahrnehmen. Eine ſtarke Zuſammenziehung der beiden äußern Theile des Orbicularis oris treibt die Lippen wulſtig hervor und zieht die Naſe her-

unter und das Kinn hinauf. Umgekehrt werden die Lippenränder durch die Wirkung der innern Schichten nach innen geführt, ſo daß die rothe Fläche derſelben gänzlich oder größtentheils verſchwindet. Die gleichzeitige Wirkung nur einer Hälfte des Schließmuskels ſchiebt den entſprechenden Mundwinkel nach innen. Das Minimum der Breite der Mundſpalte verhält ſich ungefähr zu dem Maximum derſelben, ſobald der Orbicularis möglichſt erſchlafft iſt, = 1 : 3 bis 1 : 4.

Denken wir uns die letztere als eine Ellipſe mit ſehr großer Breite 827
und geringer Länge, ſo erſcheinen die meiſten anderen Muskeln wie Radialkräfte, welche die Lippenränder nach ihrer Seite hin führen können. An der Oberlippe ziehen der Levator labii superioris alaeque nasi und der Levator labii superioris proprius vorzugsweiſe nach oben und nur wenig oder gar nicht nach außen, und die Zygomatici ſchief nach oben und außen gegen die Wange hin. An der Unterlippe arbeitet der Depressor labii inferioris s. Quadratus menti und zum Theil des Depressor anguli oris in der Richtung nach unten und außen. Die Hebung des Mundwinkels beſorgt der Levator anguli oris, während ihn der Buccinator nach außen und gegen die Zähne hin leitet. Als Folgen dieſer Thätigkeiten treten dann mehrfache Veränderungen der Wangen auf. So z. B. treibt die Contraction des Zygomaticus major die Backenhaut wulſtig hervor, während wahrſcheinlich das Wangengrübchen, welches bei vielen Menſchen bei dem Lachen zu Stande kommt, durch die Thätigkeit des genannten Muskels in Verbindung mit dem des Risorius Santorini entſteht[1]. Der Buccinator drückt den Backen an die Zähne und kann auf dieſe Weiſe bei dem Kauen wirken. Der Levator menti dagegen, welcher in keiner directen Beziehung zur Mundſpalte ſteht, zieht das häutige Kinn in die Höhe und erzeugt die dann zum Vorſchein kommenden Erhabenheiten und Vertiefungen deſſelben.

Der phyſiognomiſche Ausdruck, welcher bei vielen Perſonen, vorzüglich um den Mundwinkel hervortritt, rührt davon her, daß eine oder die andere der genannten Muskelparthieen auf habituelle Weiſe in ſtärkerem Grade thätig iſt. Wichtiger für den Arzt erſcheinen diejenigen Störungen, welche bei Lähmungen oder krampfhaften Contractionen hervortreten. Hierbei kann entweder die ſeitliche Symmetrie oder das normale antagoniſtiſche Verhältniß Einer Seitenhälfte geſtört ſein. Wenn z. B. ein Menſch an Paralyſe des Antlitznerven der rechten Seite leidet, ſo werden nicht mehr die rechten Geſichtsmuskeln den linken das Gleichgewicht halten. Dieſe ziehen in ſtärkerem Maaße. Der Mundwinkel ſteht daher weiter nach links, oder die linke Hälfte der Mundſpalte iſt größer als die rechte. Das Individuum kann zwar die erſtere, nicht aber die letztere auf ganz vollkommene Weiſe ſchließen. Erſcheinungen der Art ſehen wir z. B. bei ſolchen, die durch einen apoplektiſchen Anfall halbſeitig gelähmt worden. Je nachdem die Paralyſe unvollkommener oder durchgreifender iſt, tritt auch die genannte Aſymmetrie ſchon in der Ruhe oder erſt bei Bewegungsverſuchen hervor. Iſt dagegen das antagoniſtiſche Gleichgewicht der Muskeln derſelben Seitenhälfte aufgehoben, ſo drückt ſich natürlich die Anomalie nur durch Verzerrung des einen Mundwinkels nach oben und außen, oder nach unten und außen aus. Er ſteht z. B. nach außen und oben, wenn der Zygomaticus major nach unten, und zum Theil nach außen, wenn der Quadratus menti über den Orbicularis oris das Uebergewicht erhält. Eine genaue Berückſichtigung der Muskelwirkungen kann uns dann zu immer weiterer Specialiſirung der Diagnoſe, ſo wie der etwa

[1]) Theile a. a. O. S. 57.

nöthigen Muskeldurchſchneidung [1]), führen. Der Quadratus menti z. B. zieht nicht bloß die Unterlippe nach unten, ſondern ſtülpt auch den entſprechenden Lippenrandtheil um. Dieſe Wirkung iſt etwas nach innen von dem Mundwinkel am ſtärkſten und nimmt nach der Mittellinie hin ab. An der Oberlippe können die Levatores in ähnlicher Weiſe thätig ſein. Dem Zygomaticus major dagegen wird in dieſer Hinſicht durch den Buccinator entgegengearbeitet. Iſt dieſer gelähmt, ſo wendet ſich daher der rothe Theil des Mundwinkels etwas mehr nach außen.

828 In den Kaumuskeln concentrirt die Natur bedeutende Muskelmaſſen, damit der Zahnbeſatz des Unterkiefers mit großer Kraft gegen den des Oberkiefers geführt werden könne. Da aber hierbei das Kiefergelenk nicht ſelten einen ſehr bedeutenden Druck auszuhalten hat, ſo beſitzt es eine eingelagerte Knorpelſcheibe, welche dieſen mäßigt und es ſo möglich macht, daß der Gelenkkopf des Unterkieferknochens einen ſehr dünnen Knorpelüberzug haben kann. Um jedoch das Dahingleiten zu erleichtern, befindet ſich die Zwiſchenſcheibe innerhalb einer entſprechenden Einfaltung der Synovialhaut. Das Gelenk ſpielt daher nach den früher dargeſtellten Principien (§ 748. 50) oberhalb und unterhalb derſelben mit großer Leichtigkeit und ohne Reibungshinderniſſe, während die Milderung des Druckes keine Störung erfährt.

829 In dem Kiefergelenke herrſcht die Bewegung von oben nach unten vor. Die Verſchiebung in horizontaler Richtung, ſei es von vorn nach hinten oder von einer Seite nach der andern, braucht nur in beſchränktem Maaße realiſirt zu ſein, weil ſie nutzlos wird, ſobald die entſprechenden Zahnflächen einander nicht mehr berühren. Aus dieſem Grunde haben auch drei der Kaumuskeln, nämlich der Temporalis, Masseter und Pterygoideus internus die vorzugsweiſe Beſtimmung, die Zähne einander zu nähern und gegenſeitig anzudrücken, während der Pterygoideus externus die Unterkinnlade nach vorn ſchiebt. Der Temporalis, welcher ſeinen Stützpunkt in der Schläfengrube findet, arbeitet an dem Kronenfortſatze, um ſo mit einem größern Hebel, als er ſonſt haben könnte, an dem Kiefer zu ziehen und ihn nach oben zu führen. Er iſt der vorzüglichſte der Kaumuskeln, und daher ſchmerzt auch die Schläfengegend bei zu ſtarkem oder zu lange anhaltendem Kauen. War die Unterkinnlade auf die bald zu erwähnende Weiſe nach vorn vorgeſchoben, ſo kann er ſie wieder nach hinten zurückführen. Unterſtützungsapparate deſſelben ſind der Masseter und der Pterygoideus internus, welche durch ihren Faſerverlauf und vorzüglich durch die Länge ihrer mathematiſchen Hebelarme an Kraftwirkung gewinnen. Jener hat den Stützpunkt ſeiner Wirkungen an dem Jochbeine, dieſer in der Flügelgrube. Um ſich den Raumverhältniſſen zu accommodiren und eine größere Mannichfaltigkeit der Combinationen möglich zu machen, vertheilt daher die Natur die Heber des Unterkiefers auf drei verſchiedene Punkte jeder Seitenhälfte. In den beiden Pterygoideis externis dagegen ſtellt ſie einen eben ſo einfachen als ſinnreichen horizontalen Verſchiebungsapparat her. Der rechte führt die Unterkinnlade nach vorn und etwas nach links, der linke eben ſo

---

[1]) Siehe z. B. J. F. Dieffenbach über die Durchschneidung der Sehnen und Muskeln. Berlin, 1841. 8. S. 314.

nach vorn und rechts. Durch abwechſelnde Thätigkeit beider kann ſie daher bald nach der einen, bald nach der andern Seite ſo weit geleitet werden, daß die Innenränder der Oberkieferzähne über die der Unterkieferzähne zu ſtehen kommen. Wirken dagegen die beiden Pterygoidei externi gemeinſchaftlich, ſo heben ſie ſich in ihren ſeitlichen, aber entgegengeſetzten Horizontalbewegungen wechſelſeitig auf und ziehen die Unterkinnlade nach vorn, ſo daß die Schneidezähne derſelben vor denen des Oberkiefers vortreten.

Sind die ſämmtlichen Kaumuskeln, z. B. der rechten Seite, gelähmt, ſo wird der Menſch rechts nicht nur nicht kauen können, ſondern die Unterkinnlade muß auch, ſobald der linke Pterygoideus das Uebergewicht erhält, alſo vorzüglich, wenn er in Thätigkeit geräth, ſchief zu ſtehen kommen. Sie wird dann etwas vorgeſchoben und nach rechts, d. h. nach der paralytiſchen Seite hin geneigt ſein. Beſchränkt ſich dagegen die Unthätigkeit nur auf den Temporalis, Masseter und Pterygoideus internus der rechten Seite, ſo wird dieſes Symptom fehlen. Der Menſch iſt bloß außer Stande, rechts zu kauen, und ſeine Schläfengrube, ſo wie die Gegend vor und über dem Unterkieferwinkel ſchwellen in dieſem Momente nicht an. Die letzteren Zeichen können uns belehren, ob der Temporalis oder der Masseter allein ihre willkührliche Contractionsfähigkeit verloren haben.

Inwiefern etwa die vordere Schicht der Masseter und Faſern des Pterygoideus internus zum Vorſchieben des Unterkiefers beitragen, bedarf noch genauerer Unterſuchungen.

Die ſtarken Kaumuskeln haben nur kleine Antagoniſten, weil ſich der 830 Schwerpunkt des Unterkiefers bei den meiſten natürlichen Stellungen und Lagen des Körpers vor und unter dem Aufhängepunkte deſſelben befindet und daher die Maxilla inferior in gleichem Maaße herabſinkt, als ihre Heber erſchlaffen. (Vgl. §. 38.) Einer der vorzüglichſten Muskeln, welche die Unterkinnlade nach abwärts führen, iſt der Digastricus maxillae inferioris. In ihm ſtellt die Natur einen fixen Herabzieher des Unterkiefers her. Er geht deshalb von der Incisura mastoidea, alſo von einem relativ feſten Stützpunkte am Kopfe aus, wird hierauf ſehnig, verbindet ſich mit dem großen Zungenbeinhorne, verwandelt ſich von Neuem in einen Muskel, ſeinen ſogenannten zweiten Bauch, deſſen Faſern von der Sehne und theilweiſe von der Baſis des Zungenbeines entſpringen, und heftet ſich an der Baſis des Unterkiefers unter der Spina mentalis interna an. Hierdurch kann er nicht nur zugleich auf das Zungenbein wirken, ſondern erlangt auch für ſeine ſämmtlichen Effecte mehrere Vortheile. 1) Indem er zuerſt nach unten, dann wieder in die Höhe geleitet wird, vermag ſeine ganze Muskelſubſtanz, ſobald nur das Zungenbein fixirt iſt, die Maxilla inferior zu bewegen. Wir haben hier gewiſſermaßen eine Rolleneinrichtung. Daher auch an der Sehne ein Schleimbeutel zur Verhütung der Reibung vorhanden iſt. 2) Iſt der Muskel im Stande, wenn ſein vorderer Bauch thätig wird, das Zungenbein in ſeiner Richtung emporzuziehen. Wirken dagegen beide Bäuche, ſo muß ein Zug nach der Diagonale des Parallelogrammes der Kräfte erfolgen. Endlich 3) erhält der Digastricus, indem er ſich an das Ende des horizontalen Unterkieferaſtes anfügt, einen möglichſt langen Hebelarm und compenſirt hierdurch zum Theil in Verhältniß zu den Kaumuskeln, was ihm an Zahl der Muskelfaſern abgeht. Bei completer Feſtſtellung des Zungenbeines kann ſeine Thätigkeit durch die des Mylohyoideus und des Geniohyoideus unterſtützt werden.

Indem der Unterkiefer herabſinkt, geht der ſenkrechte Theil nach hin- 831

ten und oben, und daher der horizontale nach hinten und unten. Die Mundſpalte wird auf dieſe Weiſe geöffnet. Hierbei beträgt das Maximum der Entfernung der innern Schneidezähne des Ober- und Unterkiefers bei den meiſten erwachſenen Menſchen 4 — 5½ Centimeter. Bei einzelnen aber gleicht es auch nur 3,6 C., bei andern beinahe 6 C. und mehr. Der größte Ablenkungswinkel des Unterkiefers kann zu 20° — 30° oder $^1/_{18}$ bis $^1/_{12}$ von vier Rechten angeſchlagen werden.

Um dieſen letzteren Winkel approximativ zu beſtimmen, dient folgende Methode. Man läßt einen Menſchen Kaubewegungen machen, bezeichnet ſich hierbei an der Haut vor dem Ohre die Stelle, wo ungefähr der Drehpunkt des Gelenkfortſatzes des Unterkiefers liegt und mißt dann mit dem Zirkel die geradlinigte Diſtanz a von dieſer Stelle bis zu dem oberen und inneren Rande des mittleren Schneidezahnes derſelben Seite der Unterkinnlade. Oeffnet nun das Individuum den Mund ſo weit als möglich, ſo mißt man die Entfernung b der oberen und inneren Ränder der entſprechenden inneren Schneidezähne von Ober- und Unterkiefer. Da nun a ſich gleich bleibt, ſo haben wir ein gleichſchenkliges Dreieck mit den beiden gleichen Seiten a und der ungleichen Seite b, welcher letzteren der Ablenkungswinkel φ des Unterkiefers gegenüberliegt. Da nun unter dieſen Verhältniſſen die halbe Summe der drei Seiten $= a + \frac{b}{2}$ iſt, ſo haben wir $\sin. \frac{1}{2}\varphi = \frac{b \sin. tot.}{2a}$. Dieſe Methode ſetzt natürlich voraus, daß der Drehpunkt der Unterkinnlade nicht verrückt wird. Allein bei ſtarken Anſtrengungen bei dem Oeffnen des Mundes bleibt dieſe Annahme nicht ganz ſtreng richtig, ſo daß die Berechnung nur approximativ iſt.

Eine Reihe von Beſtimmungen, welche in dieſer Beziehung gemacht worden, führten zu folgenden Reſultaten: 1) Ich, 33 Jahr alt, a = 110 Millimeter. b = 36 Millim. Mithin $\sin. \frac{1}{2}\varphi = \frac{36 \sin. tot.}{220} = 9° 25' 5''$. Daher $\varphi = 18° 50' 10''$. 2) J., 24 Jahr alt. a = 111 Millim., b = 43 Millim. Alſo $\varphi = 22° 20' 12''$. 3) St., 22 Jahr alt. a = 100,5 Millim., b = 47 Millim. Daher $\varphi = 27° 2' 40''$. 4) B., 43 Jahr alt. a = 107 Millim., b = 53 Millim. Alſo $\varphi = 28° 40' 43''$. 5) S., 21 Jahr alt. a = 111 Millim., b = 59,5 Millim. Daher $\varphi = 31° 5' 34''$. Leichen ſind zu ſolchen Verſuchen nicht geeignet, weil ſich nicht die Mundſpalte ohne Gewalt hinreichend weit öffnen läßt, ſobald nur noch eine Spur von Todtenſtarre exiſtirt. Bei älteren Cadavern iſt aber alles ſo ſehr erſchlafft, daß man die natürliche Diſtanz kaum mit Beſtimmtheit auffinden kann.

832 Das **Zungenbein** wird bei relativer Fixation des Unterkiefers durch den vordern Bauch des Digastricus, den Geniohyoideus und bei erhobenem Kopfe durch den Mylohyoideus nach vorn und oben gegen das Kinn, durch den hintern Bauch des Digastricus und den Stylohyoideus nach hinten und oben, durch den Sternohyoideus, den Hyothyreoideus und mittelbar den Sternothyreoideus nach unten geführt. Inwiefern und ob es der Omohyoideus nach unten und hinten ziehe, bedarf noch genauerer Unterſuchungen. Die Zunge ſelbſt wird durch die künſtlich unterſchiedenen drei Portionen des Lingualis in den mannichfachſten Richtungen bewegt. Vorzugsweiſe kann ſich der Lingualis longitudinalis superior verkürzen, ihre Spitze emporheben und nach oben und hinten umbiegen. Der Lingualis longitudinalis inferior verringert ebenfalls ihren Längendurchmeſſer, leitet aber ihre Spitze nach hinten und unten. Der Lingualis transversus endlich verkleinert ihren Breitendurchmeſſer zu Gunſten ihres Höhendiameters. Sie wird hierdurch rundlich, länger und beſonders vorn ſpitzer.

Beide Styloglossi ſind im Stande, die Zungenbaſis zu verbreitern. Einer derſelben dagegen vermag ſie an der entſprechenden Seite emporzuheben und ihren Rand nach oben zu ſtellen. Ihre Annäherung an den weichen Gaumen bewerkſtelligen außer den Styloglossis die das Zungenbein unmittelbar angreifenden Mylohyoidei, Geniohyoidei, Stylohyoidei und die vordern Bäuche der Digastrici; ihre Entfernung von demſelben die Hyoglossi und zum Theil die Genioglossi, ſowie mittelbar die Sternohyoidei, Sternothyreoidei und Hyothyreoidei. Der Genioglossus bringt die Zunge zwiſchen beide Zahnreihen, ſchiebt ſie aber keineswegs vollſtändig vor, ſondern kann eher noch ihren Rücktritt in die Mundhöhle unterſtützen[1]).

Der letztere Muskel verdient daher nicht den ihm gegebenen Namen des Expulsor linguae. Aus dieſem Grunde iſt es auch phyſiologiſch nicht begründet, wenn man ihn als die weſentliche Urſache des Stotterns angeſehen und ſeine Durchſchneidung als vorzugsweiſes Heilmittel dieſes Uebels empfohlen hat.

Die beiden Glossopalatini haben je nach der Beſchaffenheit der Nebenmomente ſehr verſchiedenartige Wirkungen. Geben ihre beiderſeitigen Anheftungspunkte in entſprechendem Maaße nach, ſo verengern ſie den Isthmus faucium und wirken daher als wahre Conſtrictoren deſſelben. Iſt dagegen die Zungenwurzel befeſtigt, ſo können ſie den weichen Gaumen etwas herabziehen. Umgekehrt werden ſie bei Fixation des letztern die Zungenwurzel an ihren ſeitlichen Theilen in geringem Grade in die Höhe führen. Die Thätigkeit der Pharyngopalatini richtet ſich nach der Stellung des Schildknorpels, von deſſen hinterm Rande ihre Muskelfaſern ausgehen. Ohne beſondere Nebenmomente nähern ſie die beiden hintern Gaumenbogen einander und ſuchen zugleich den weichen Gaumen nach hinten und unten zu ziehen. Iſt dagegen der Schildknorpel gehoben, ſo können ſie zugleich den Unterrand des Velum palati gegen die hintere Wandung des Pharynx hinüberführen. Treten die Innenränder der vordern Gaumenbogen etwas nach außen, die der hintern dagegen nach innen, ſo werden hierbei die Mandeln entblößt und erhalten zugleich an den letztern einen feſtern Stützpunkt, ſobald z. B. ein Biſſen ihren Schleim abſtreift. Der Azygos uvulae verkürzt die Längenausdehnung des weichen Gaumens, hebt das Zäpfchen und vermag daſſelbe etwas nach hinten umzubiegen. Der Levator palati mollis führt das Gaumenſegel in die Höhe, ſtellt dabei ſeinen freien Rand mehr nach hinten gegen die Hinterwand des Schlundkopfes, trägt auf dieſe Weiſe zu dem Abſchluſſe der Naſen- und Rachenhöhle bei, erweitert zugleich den Isthmus faucium und kann noch das Gaumenſegel in ſchwachem Maaße quer anſpannen. Die letztere Wirkung ſoll auch der Circumflexus s. Tensor palati beſitzen. Jedoch läßt dieſe Annahme noch vielfache Zweifel übrig[2]). 833

Der Schlundkopf beſitzt jederſeits zwei einander ergänzende Heber, nämlich den Salpingopharyngeus und den Stylopharyngeus, welche zugleich indirect die Erweiterung deſſelben in querer Richtung bewirken. Zu gleicher Zeit kann der Griffel-Schlundkopfmuskel den Larynx nach oben 834

[1]) Theile a. a. O. S. 86. 87. [2]) Theile a. a. O. S. 72.

und hinten ziehen und den Kehldeckel zum Theil umlegen. Die drei Constrictores pharyngis verengern zunächſt ihre entſprechenden Theile des Schlundkopfes. Der obere kann überdies durch den ſogenannten Mylopharyngeus auf die Mandeln wirken und durch den Pterygopharyngeus die Hebung des Pharynx unterſtützen. Der untere iſt auch im Stande, den Kehlkopf nach oben zu verrücken. Der Kehldeckel wird durch den Reflector epiglottidis, wenn er vorhanden iſt, umgeklappt. Seine Thätigkeit erſcheint beſonders dann nothwendig, wenn jener durch die Stellungsveränderungen der benachbarten Theile emporgerichtet würde, während die Stimmritze geſchützt bleiben ſoll.

Die Functionen der Kehlkopfmuskeln werden in der Lehre von der Stimme ihre Erläuterung finden.

835 Der Platysmammyoides bildet den einzigen Hautmuskel, welcher bei dem Menſchen vorkommt Er verkürzt zunächſt die Haut des Halſes, kann aber auch das Hinabgehen des Unterkiefers unterſtützen und den entſprechenden Mundwinkel nach unten und außen ziehen. Die beiden Muskeln, welche man mit dem gemeinſchaftlichen Namen des Sternocleidomastoideus umfaßt, heben die Bruſt, ſobald der Kopf den fixen Punkt abgiebt. Iſt der Ausgangspunkt am Bruſt- und Schlüſſelbeine gelegen, ſo führt jeder Sternocleimastoideus den Kopf nach der entgegengeſetzten Seite und neigt ihn etwas. Wirken die Muskelparthien beider Seitenhälften gleichzeitig, ſo neigen ſie den Kopf nach vorn und bedingen auf dieſe Weiſe das Nicken deſſelben.

Durch habituelle ungleichförmige Zuſammenziehung der beiderſeitigen Kopfnicker entſteht der ſchiefe Hals (Caput obstipum). Hierbei iſt meiſtentheils vorzugsweiſe die innere Parthie oder die Portio sternalis s. Nutator capitis internus afficirt (J. Guérin).

Die übrigen Muskeln, welche den Kopf bewegen, werden bei Gelegenheit der Wirbelſäule betrachtet werden.

836 **Wirbelſäule.** Sie bildet einen von unten nach oben ungleich abnehmenden, aus einzelnen Gliederſtücken zuſammengeſetzten biegſamen Stab, auf deſſen oberem Ende der Kopf balancirt, während vorn ein Theil der Weichgebilde des Halſes, die Bruſt und der Bauch, vorn ſeitlich und hinten aber die Schlüſſelbeine, die obern Extremitäten und die Schulterblätter mit ihren Weichtheilen aufgehängt ſind. In aufrechter Stellung beſitzt ſie drei auf einander folgende entgegengeſetzt gerichtete Krümmungen. Die eine von dieſen, welche mit ihrer Concavität nach hinten ſieht, wird durch die Wirbel des Halſes, die zweite, die mit ihrer Aushöhlung nach vorn gerichtet iſt, durch die des Rückens, und die oberſten der Lenden, die dritte endlich, welche ſich wiederum nach hinten ausbuchtet, durch die unterſten des Rückens und die der Lenden erzeugt. Vermöge dieſer Einrichtung kann ſie angeblich als fordernde Stütze im Maximum $(3 + 1)^2$ oder 16 Mal ſo viel tragen, als wenn ſie nur in einer Richtung gebogen wäre (Roulin).

837 Da ſie einerſeits als feſtes Hypomochlion dienen, anderſeits dagegen eine beſchränkte Beweglichkeit haben ſoll, ſo beſteht ihre Hauptmaſſe aus einzelnen Knochenſtücken, welche ihre gegenſeitige Lage zum Theil zu verändern

im Stande ſind. Dieſe Mobilität konnte aber nicht durch Gelenke, welche ausgedehnter Drehungen fähig waren, hergeſtellt werden, weil ſonſt das in dem Wirbelcanale enthaltene Rückenmark der Gefahr ausgeſetzt worden wäre, durch zu ſtarke Dehnung zu zerreißen, oder wenigſtens bedeutenden Graden von Druck oder Quetſchung preisgegeben ward. Aus dieſem Grunde wurden die elaſtiſchen Zwiſchenwirbelknorpel, deren Wirkung ſchon §. 753 dargeſtellt worden, zwiſchen den Wirbelkörpern angebracht. Sie werden durch die zwiſchen den Wirbelbogen und den Wirbelfortſätzen befindlichen häutigen und bandartigen Maſſen, ſowie durch die an den Processus obliqui vorhandenen Gelenke auf zweckmäßige Weiſe in ihrer Thätigkeit zum Theil beſchränkt.

Als Piedeſtal nimmt die Wirbelſäule, wie der Augenſchein lehrt, von unten nach oben ab. Zu gleicher Zeit werden die Höhen der einzelnen Stücke in dieſer Richtung immer niedriger. Ihre Durchſchnittsgröße, wie ſie an den Lendenwirbeln auftritt, verhält ſich zu der der Rücken- und der Halswirbel $= \frac{135,95}{5} : \frac{242,95}{12} : \frac{95,85}{7} = 1,985 : 1,472 : 1$. Die Zwiſchenwirbelknorpel entſprechen im Allgemeinen dem Quantum von Beweglichkeit der einzelnen Theile der Wirbelſäule, welche am Rücken den geringſten, an den Lenden und am Halſe einen größern Werth hat. Es verhält ſich daher auch die mittlere Höhe der Wirbelkörper zu der der Cartilagines intervertebrales am Rücken $= 242,95 : 34,90 = 1 : 0,0144$; am Halſe $= 95,85 : 20,70 = 1 : 0,216$ und an den Lenden $= 135,95 : 42,85 = 1 : 0,315$ (W. u. Ed. Weber) [1]. 838

Um einen ungefähren Begriff über die Biegungsverhältniſſe der einzelnen Theile der Wirbelſäule bei aufrechter Stellung zu erhalten, bediente ich mich des von W. und Ed. Weber gegebenen natürlichen Abdruckes [2]) der in Gips eingegoſſenen Wirbel. Ich zeichnete mir die Begrenzungslinien des erſten bis ſiebenten Halswirbels nebſt den des darunter liegenden Zwiſchenknorpels, der 12 Rückenwirbel mit den dazwiſchen befindlichen Cartilagines interverbrales, der 5 Lendenwirbel bis zu dem oberen Rande des Kreuzbeines und des letzteren einzelnen durch, halbirte alsdann die obere und untere Randlinie jeder Figur und maß die Diſtanz beider Punkte, welche als die Sehne des ganzen Krümmungsbogens betrachtet wurde. In der Mitte dieſer Sehne errichtete ich dann einen Perpendikel und verlängerte ihn nach beiden Seiten, ſo daß ein Theil deſſelben durch eine Stelle der Zeichnung hindurchging. Die Mitte dieſer Linie, welche z. B. durch den vierten Hals-, den ſiebenten Rücken-, den dritten Lenden- und den dritten Schwanzbeinwirbel trat, wurde als der Endpunkt des halben Krümmungsbogens angenommen, deſſen Sehne gezogen und in der Mitte der letzteren wiederum eine ſenkrechte errichtet. Der Punkt, in welchem ſich dann beide Perpendikel durchſchnitten, bildete den Mittelpunkt des Kreiſes des Krümmungsbogens. Allerdings ſtellt die Wirbelſäule in dieſen ihren Krümmungen keine reinen Kreisabſchnitte dar. Allein man kann ſich überzeugen, daß die auf dieſe Weiſe gezogenen Kreislinien wenigſtens annähernd richtig ſind und immer innerhalb der inneren Theile der Wirbelkörper bleiben. Nach dieſer Methode konnten zwar der Radius des Kreiſes und der Winkel des Bogenabſchnittes unmittelbar gemeſſen werden. Ich zog es aber vor, beide Werthe durch Rechnung zu finden. Setzen wir nämlich die halbe Sehne des ganzen Bogens = m und die ganze Sehne des halben Bogens = n, ſo ergiebt ſich nach einer leicht zu entwickelnden Formel für den Radius = r =

[1]) W. u. Ed. Weber Mechanik der menſchlichen Gehwerkzeuge. S. 92.
[2]) a. a. O. Tab. VIII.

$\frac{n^2}{2\sqrt{(n+m)(n-m)}}$ und für den Winkel φ der Werth $\sin. \frac{1}{2}\varphi = \frac{m}{r} \sin. tot.$ Durch dieſe Beſtimmungen erhielt ich folgende Reſultate:

Krümmungsbogen des	Richtung der Concavität der Krümmung nach	In Millimetern ausgedrückte Größe von		Gefundene Größe	
		m	n	des Radius in Millim.	des Winkels.
erſten bis ſiebenten Halswirbels	hinten	56,25	57,5	138,6	47° 52′ 30″
erſten bis zwölften Bruſtwirbels	vorn	134	140	241,7	67° 20′ 24″
erſten bis fünften Lendenwirbels	hinten	86,5	87,25	333,4	30° 4′ 18″
Heilig- und Schwanzbeines.	vorn	65	77	71,8	129° 40′ 25″

Wir können daher im Allgemeinen annehmen, daß (abgeſehen von der verſchiedenen Größe der Radien) die Concavität der Halswirbel bei aufrechter Stellung ungefähr 50°, die der Rückenwirbel 60°, die der Lendenwirbel 30° und die des Heiligbeines und Steißbeines 130° beträgt. Alle Krümmungen der Wirbelſäule würden hiernach 270° oder drei Rechten gleichen; die des Halſes und des Kreuzbeines 180° und die des Rückens und der Lenden 90° ausmachen.

Den relativen Grad der Biegſamkeit der einzelnen Theile der Wirbelſäule ſuchten ſchon W. und Ed. Weber [1]) aus den Verhältniſſen der Zwiſchenwirbelknorpel folgendermaßen zu beſtimmen. Nimmt man an, daß ihre Breite ihrer Dicke annähernd proportional iſt, ſo kann man als Grundzahlen der Berechnung ihre Länge und ihre mittleren Durchmeſſer ſtatuiren. In dieſer Hinſicht ergaben ſich aber folgende Werthe:

Sämmtliche Zwiſchenwirbelknorpel des	Maaß in Millimetern.	
	Länge.	Durchmeſſer.
Halſes	20,7	15,0
Rückens	34,9	25,3
der Lenden.	42,85	28,0

Ihre Querſchnitte verhalten ſich daher annähernd = 225 : 640,09 : 784. Die Proportion ihrer Beugungswinkel muß deshalb $= \left(\frac{20,7}{225}\right)^2 : \left(\frac{34,9}{640,09}\right)^2 = \left(\frac{42,85}{784}\right)^2$ $= 1 : 0,3512 : 0,3529$ ſein, d. h. bei gleichem Drucke werden ſich die Lendenwirbel trotz ihrer geringeren Totallänge ungefähr eben ſo viel, als die Rückenwirbel, dagegen nur $\frac{1}{3}$ des Werthes der Halswirbel einbiegen.

839 Daß die Wirbelbogen mit ihren Fortſätzen und den an den Processus obliqui angebrachten Gelenken die durch die Zwiſchenwirbelknorpel möglichen Krümmungen beſchränken, ſieht man daraus, daß die Wirbelſäule biegſamer wird, ſobald man die Bogen derſelben an ihren Urſprüngen hinweggenommen hat. Im Normalzuſtande geſtalten ſich die beiderſeitigen Verhältniſſe in der Art, daß die Rückenwirbel nur ſehr wenig von vorn

[1]) a. a. O. S. 95.

nach hinten beweglich ſind, ſich dagegen in bedeutenderem Maaße um ihre ſenkrechte Achſe drehen können. Bei den letzteren fehlt eine ſolche Thätigkeit faſt gänzlich. Dagegen iſt die Krümmung nach vorn und hinten in ausgedehnter Weiſe zugelaſſen. Die Halswirbel endlich ſind zu beiderlei Bewegungsarten in hohem Grade geeignet. Dieſem entſprechend verlaufen die Gelenkflächen der ſchiefen Fortſätze am Rücken mehr von außen nach innen, an den Lenden von hinten nach vorn und am Halſe in einer Diagonalrichtung zwiſchen beiden Directionen. Aus demſelben Grunde liegen die Dornfortſätze der Rückenwirbel mit ihren verlängerten Flächen dachziegelartig über einander, während die ſtärkern Processus spinosi der Lendenwirbel gerade nach hinten ſtehen und die des Halſes wieder mehr einen Mittelweg zwiſchen beiden befolgen. Alle Fortſätze der Wirbel aber dienen als Handhaben, welche den mathematiſchen Hebelarm der Muskelkräfte verlängern und zu gleicher Zeit einer größern Anzahl von Muskelfaſern den nöthigen Raum zur Anfügung verſchaffen.

Die Verkrümmungen der Wirbelſäule bilden in der Regel, ſofern ſie ſich nur auf die Richtungen von vorn nach hinten erſtrecken, Fortſetzungen der normalen Biegungen. Wir haben daher meiſtentheils am Rücken Krümmungen nach hinten, Kyphoſen, am Halſe und den Lenden dagegen Einbiegungen nach vorn, Lordoſen. Die ſeitlichen Verkrümmungen dagegen, die ſogenannten Skolioſen finden ſich als Ausdrücke der Störung des ſeitlichen Gleichgewichtes an jeder Stelle der Wirbelſäule, am öfterſten aber an dem Rücken und den Lenden. Dieſe letztere Form iſt auch die häufigſte und in vielen Beziehungen die lehrreichſte.

Die angeborenen Verbiegungen der Wirbelſäule können dadurch entſtehen, daß die Wirbel ungleich ausgebildet ſind, oder daß ſich ſogar abnorme acceſſoriſche halbe Wirbel einſchieben (Rokitansky) [1]. Bei den erworbenen zeigen ſich in der Regel die einzelnen Wirbelhälften ungleich. Bei den Skolioſen des Rückens z. B. iſt diejenige Seite, welche nach der Concavität der Krümmung hinſieht, bedeutend niedriger, als diejenige, welche nach der Convexität gerichtet iſt. Wo die Verbiegung ihren Culminationspunkt erreicht, hat der Wirbelkörper in der Mitte eine Einſenkung oder Furche, während ſich der obere und untere Rand desſelben erhebt oder ſogar leiſtenartig vorſteht. An der entgegengeſetzten Seite hingegen findet dieſes nicht Statt. Im Gegentheil nähern ſich hier mehr das Mittelſtück und die beiderſeitigen Ränder einer fortlaufenden gebogenen Ebene. Dieſem entſprechend ſind auch die Zwiſchenwirbelknorpel an der Convexität der Krümmung höher, an der Concavität dagegen ſchmäler. An der letzteren können ſie ſelbſt gänzlich ſchwinden, ſo daß die Knochen mit einander verwachſen. Die Wirbelbogen zeigen ſich dieſen Verhältniſſen entſprechend aſymmetriſch und verſchoben. Daſſelbe gilt von den einzelnen Fortſätzen. Iſt die Krümmung ſehr ſtark, ſo werden die Processus transversi an der concaven Seite in hohem Grade beengt. Sie ſind daher kleiner, kürzer und gekrümmter, als die der entgegengeſetzten Seite, erſcheinen nicht ſelten verbogen, zackig und rauh, verbinden ſich durch einzelne Knochenbrücken oder ausgedehntere Anchyloſen mit einander. Die Gelenke der ſchiefen Fortſätze verſchieben ſich oder nähern ſich mehr der horizontalen Stellung oder verwachſen gänzlich mit einander. An der convexen Seite der Krümmung haben wir gerade die entgegengeſetzten Verhältniſſe. Die Bogenhälften nebſt den Processibus transversis treten weiter auseinander. Jene, wie dieſe können zum Theil breiter werden. Die Querfortſätze erhalten einzelne Unebenheiten oder Zacken. Die Dornfortſätze verſchieben ſich dergeſtalt, daß ihre Spitzen nach der convexen Seite hin gerichtet ſind. Bisweilen wird auch das untere und hintere Ende eines Processus spinosus ſehr ſpitz, oder läuft in einen gegen den Wirbelbogen gerichteten Haken aus u. dgl. mehr. Der Druck und die Unbeweglichkeit, welche mit bedeutenden Skolioſen

[1]) C. Rokitansky Handbuch der pathologischen Anatomie Bd. II. 1842. 8. S. 262—68.

verbunden ſind, rufen nicht ſelten Ablagerungen von Knochenmaſſe hervor. Es oſſificiren daher Stücke der Zwiſchenwirbelknorpel, welche bisweilen zwiſchen den Wirbelknochen leiſtenartig hervorſtehen, oder ganze Strecken ſind von Knochenmaſſe, die ſich nicht ſelten auch auf die Rippen ausdehnt, umfloſſen u. dgl. mehr. Bei den Kyphoſen erſcheinen die vorderen, bei den Lordoſen die hinteren Wirbelabſchnitte in ähnlicher Weiſe verkümmert. Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß ſich ſeitliche und vordere oder hintere Krümmungen je nach Verſchiedenheit der Verhältniſſe combiniren können.

Erreicht die Verbiegung der Wirbelſäule höhere Grade, ſo neigen ſich die Wirbel nicht bloß nach vorn, hinten oder einer Seite, ſondern drehen ſich auch um ihre Achſe. Zu gleicher Zeit bilden ſich dann meiſtentheils compenſirende Gegenkrümmungen, ſo daß wenn z. B. eine ſolche der Rückenwirbel mit ihrer Concavität nach rechts ſieht, eine neben ihr vorhandene der Lendenwirbel nach links gerichtet iſt. Bei ſehr verkrüppelten Skeletten kann auf dieſe Art die ganze Wirbelſäule die Form einer Schlangenlinie annehmen, indem z. B. die Halswirbel nach rechts, die vier erſten Rückenwirbel nach links, die folgenden vier nach rechts, die letzten vier Rücken- mit dem erſten Lendenwirbel nach links und die übrigen vier Lendenwirbel wiederum nach rechts gebogen ſind. Dieſe abwechſelnd entgegengeſetzten Krümmungen gehen offenbar aus dem Beſtreben hervor, die Endpunkte der Biegungen in der Längenachſe des Körpers ſenkrecht über einander zu erhalten und ſo den Kopf, wenn auch auf Koſten der Länge des Rumpfes, vertical über dem Becken zu erhalten. Hierbei zeigt ſich z. B. die Eigenthümlichkeit, daß die primären Rückenkrümmungen meiſtentheils ſtärker, als die ſecundären Verbiegungen der Lenden und zum Theil des Halſes in die Augen fallen.

Offenbar müſſen dieſe ſecundären Compenſationskrümmungen zu den primären in einem beſtimmten Verhältniſſe ſtehen und ſich, wenn die Abweichung der Endpunkte von der ſenkrechten Längenachſe faſt Null werden ſoll, wechſelſeitig ausgleichen. Die mathematiſchen Normen aber, nach welchen dieſe in der Wirklichkeit erfolgen, ſind bis jetzt erfahrungsgemäß noch nicht ermittelt. Bei zwei verſchiedenartig verkrümmten trockenen Wirbelſäulen, welche ich genauer ausmaß, ergaben ſich Andeutungen beſtimmter Proportionen der Winkel zu den mittleren Höhen der verkrümmten Wirbel. Allein die Reſultate beider Unterſuchungen ſtimmen nicht mit einander, ſo daß ich die Thatſachen einfach, wie ich ſie gefunden, anführe, ohne irgendwie eine Schlußfolgerung aus ihnen herzuleiten. Betrachten wir nämlich die Krümmungsbogen approximativ als Kreisabſchnitte, ſo können wir wieder, wie dieſes ſchon §. 835 dargeſtellt worden, den Halbmeſſer und die dann dem Bogen entſprechenden Grade durch Rechnung finden, wenn uns die halbe Sehne des ganzen Bogens = m und die ganze Sehne des halben Bogens = n durch Meſſung bekannt iſt.

1) An der trockenen Wirbelſäule eines Erwachſenen, welche eine reine Skolioſe ohne Achſenverdrehung der Wirbel darbot, betraf die mit ihrer Concavität nach links gerichtete primäre Verkrümmung den erſten bis zehnten Rückenwirbel. Die entgegengeſetzt gewandte Compenſationsbiegung umfaßte die beiden letzten Rücken- und die vier erſten Lendenwirbel. Für den Krümmungsbogen der primären Einknickung ergab ſich m = 88 Millim. und n = 96,5 Millim. Mithin r = 117,57 Millim. und der Winkel φ = 96° 54′ 48″. An der compenſirenden Lendenkrümmung zeigte ſich m = 92 Millim. und n = 95 Millim. Daher r = 190,52 Millim. und φ = 57° 44′ 57″. Die Summe der Höhen der Mitte des erſten bis zehnten Rückenwirbels war 198,5 Millim. Folglich die durchſchnittliche Höhe eines ſolchen Wirbels 19,85 Millim. Die Geſammthöhe der ſecundär verkrümmten beiden letzten Rücken- und vier erſten Lendenwirbel glich 199 Millim. Mithin die Durchſchnittshöhe eines Einzelnen 33,16 Millim. Es iſt aber 19,85 : 33,16 = 57° 44′ 57″ : 96° 28′ 18″, d. h. die Krümmungswinkel verhielten ſich umgekehrt, wie die durchſchnittlichen Höhen der entgegengeſetzt gekrümmten Wirbel. Der Meſſung nach wich die Mitte des erſten Rückenwirbels von der des vierten Lendenwirbels, wenn dieſer mit ſeiner Unterfläche horizontal ſtand, um 2—3° ab. Die Rechnung ergiebt

$$\frac{96^\circ\ 54'\ 48'' \times 117{,}57}{190{,}52} - 57^\circ\ 44'\ 57'' = 2^\circ\ 3'\ 50''.$$

2) Das Skelett eines rhachitiſchen alten Mannes war in der oben beiſpielsweiſe angeführten Weiſe 5 Mal verkrümmt, ſo daß eine Biegung nach rechts auf die Halswirbel, drei auf die Rückenwirbel, eine auf die Lendenwirbel kamen. Die Hauptbiegung des Rückens betraf die vier letzten Rücken- und den erſten Lendenwirbel; die compenſirende Lumbarkrümmung,

die vier folgenden Lendenwirbel. Die Wirbel waren zugleich in ſehr bedeutendem Maaße um ihre Achſe gedreht. Für die Krümmung der vier letzten Rücken- und des erſten Lendenwirbels war m = 55 und n = 61 Millim. Daher r = 70,52 und φ = 102° 30′ 8″. An der Biegung der vier letzten Lendenwirbel zeigte ſich m = 47 und n = 53. Daher r = 57,34 und φ = 110° 6′ 30″. Die Höhe der vier letzten Rücken- und des erſten Lendenwirbels glich 165 Millim., die vier letzten Lendenwirbel 143 Millim. Folglich haben wir als Mittelwerth für einen der erſteren 33 und für einen der letzteren 35,75 Millim. Es iſt aber 33 : 35,75 = 102° 30′ 8″ : 111° 26′ 38″. Hier verhielten ſich alſo die Krümmungswinkel annähernd wie die mittleren Höhen der entſprechenden Wirbel, und nicht umgekehrt wie dieſelben. Der gemeſſene Abweichungswinkel der beiderſeitigen Endpunkte der beiden Krümmungen glich 12¼—½ Grad. Der berechnete beträgt aber $102° 30' 8'' - \frac{110° 6' 30'' \times 57,34}{70} = 12° 54' 33''$. Ob nun das abweichende Reſultat von der Nr. 1 gemachten Erfahrung von Zufälligkeiten abhängt, ob die Präparation des Skelettes daran Schuld war, ob überhaupt die mittlere Höhe der verkrümmten Wirbel in einem beſtimmten Verhältniſſe ſtehe, müſſen künftige Erfahrungen entſcheiden. Die Beſtimmung der Proportion der Winkel zu den Längen- und Querſchnitten der Wirbel ſtößt deshalb auf ſehr bedeutende Schwierigkeiten, weil die Wirbelkörper der verkrümmten Skelette an beiden Seiten ſehr ungleich ausgebildet ſind und daher ohne Zerſtörung der Präparate ſelbſt nicht einmal approximativ richtige Grundzahlen gefunden werden können.

Das oberſte Ende der Wirbelſäule, auf welchem der Kopf zunächſt 840
ruht, zeigt die eigenthümliche Einrichtung, daß die Beugung und Streckung, ſowie die Drehung von einer nach der andern Seite auf zwei verſchiedenartige Gelenke vertheilt iſt. Die Condyli occipitis bewegen ſich an den Gelenkflächen des Atlas von vorn nach hinten und umgekehrt. An ihnen erfolgt die Flexion und Extenſion des Kopfes. Die Drehung von einer Seite zur andern dagegen iſt der Zapfengelenkeinrichtung des Epistropheus, deren Wirkſamkeit ſchon §. 753 betrachtet wurde, übertragen. Die Biegung und Streckung wird daher von dem Kopfe allein auf dem Atlas, die ſeitliche Wendung von ihm und dem erſten Halswirbel um den Zahnfortſatz des zweiten vollführt.

An und für ſich könnten die Wirbel vermöge der nach oben abnehmen- 841
den Größe ihrer Körper und der zwiſchen ihnen und ihren Fortſätzen befindlichen Weichgebilde über einander aufgeſchichtet bleiben, ohne daß ſie hierzu der Unterſtützung fixirender Muskeln bedürften. Allein die Wirbelſäule erhält dadurch, daß ſie vorn durch die Weichgebilde des Halſes, den Thorax und den Unterleib belaſtet iſt, während hinten ein compenſirendes Gegengewicht fehlt, die Neigung, ſich nach vorn umzubiegen. Dieſer Inclination müſſen dann die Rückenmuskeln, welche als Strecker derſelben wirken, entgegenarbeiten. Jede Tendenz zur Seitenkrümmung aber wird im Normalzuſtande durch die laterale Symmetrie der an der Wirbelſäule aufgehängten Organe, welche in dieſer Beziehung als ſeitliche, aber entgegengeſetzte Gewichte thätig ſind, aufgehoben. Bei dem Kopfe treten ähnliche Verhältniſſe ein. Schneidet man ihn über dem Atlas los, ſo kann er auf der obern Horizontalfläche eines ſenkrechten Cylinders ſo aufgeſtellt werden, daß er nur auf den Condylen des Hinterhauptbeines ruht und, ſich auf dieſen allein ſtützend, balancirt. Er ſteht dann vollkommen aufrecht. Das Geſicht iſt gerade aus und auf kaum merkliche Weiſe nach oben ge-

richtet (W. u. Ed. Weber)[1]. Bei der geringſten Verrückung jedoch ſchlägt er leicht nach vorn über, weil ſein Schwerpunkt ſehr hoch liegt, die Unterſtützung daher ſehr unſicher iſt und bei der geringſten Veränderung ungenügend wird. Auch hier müſſen daher die Nackenmuskeln, welche ſich an das Hinterhaupt befeſtigen, den Kopf gleich Stricken anziehen, damit er nicht nach vorn um- und hinunterfalle.

Trägt ein Menſch an einer Seite eine bedeutende Laſt, ſo erhält die Wirbelſäule die Neigung, ſich nach dieſer Seite auszubiegen. Wird die eine Schulter durch eine in der Achſelhöhle befindliche Unterſtützung emporgehoben, ſteht das Becken ſchief, fordert eine anhaltende Arbeit eine fortdauernde erhöhte Stellung der einen Schulter, ſo krümmt ſich meiſtentheils die Wirbelſäule in ſeitlicher Richtung dergeſtalt, daß die Convexität des Bogens nach der höheren, die Concavität nach der niedrigeren Seite ſieht. Wir finden daher auch, daß Menſchen, welche an einer Krücke gehen, hinken, anhaltend an erhöhten Tiſchen ſchreiben, nähen u. dgl., leicht nach und nach von ſolchen Verkrümmungen der Wirbelſäule heimgeſucht werden. Selbſt die vorzugsweiſe Geſchicklichkeit der rechten Hand macht ſich nicht ſelten bei ganz geſunden Perſonen bemerklich. Individuen weiblichen Geſchlechtes haben zu ſolchen Desorganiſationen eine größere Neigung, als ſolche männlichen. Dieſes hängt theils von dem durchſchnittlich zarteren Baue der Frau, theils aber auch davon ab, daß bei ihr die Rückenwirbel meiſtentheils nach der Seite beweglicher ſind als bei dem Manne.

Zur approximativen Beſtimmung der Bogen, in welchen ſich die Condylen des Hinterhauptes auf den Gelenkflächen des Atlas bewegen und der Zahnfortſatz des Epistropheus an dem Körper des erſten Halswirbels dreht, dient folgendes Verfahren. Man ſchneidet den Hals einer Leiche an den unteren Halswirbeln durch und ſtellt das Ganze ſo auf, daß der Kopf ſenkrecht nach unten fixirt iſt. In dem Wirbelcanale wird der eine Arm eines Cirkels in perpendiculärer Richtung dergeſtalt feſt gemacht, daß die andere horizontal geſtellte Branche an einem vorgehaltenen unverrückbaren Pappdeckel oder an einer Wand einen Kreis beſchreiben kann. Vollführt man nun die einzelnen oben erwähnten Bewegungen der Wirbelſäule, ſo erhält man die entſprechenden Bogen gezeichnet. Man beſtimmt dann nach dem früher angegebenen Verfahren die halbe Sehne des ganzen und die ganze Chorde des halben Bogens und berechnet hieraus den Radius und den Winkel. Auf ſolche Art ergaben ſich z. B. an der Leiche eines erwachſenen Mannes folgende Werthe: 1) Bewegung der Condylen des Hinterhauptes von vorn nach hinten. Halbe Sehne des ganzen Bogens = m = 79,5 Millimeter, ganze Sehne des halben Bogens = n = 81 Millimeter. Folglich Radius des beſchriebenen Kreiſes = v = 211,42 Millim. und Bogen = φ = 44° 10′ 28″ oder ungefähr 45°. Bei der natürlichen Beugung und Streckung vergrößert ſich dieſer Winkel, weil ſich noch dabei die Halswirbel ſelbſt betheiligen. 2) Drehende Bewegung der ſteif gehaltenen Halswirbelſäule von einer Seite zur anderen oder des Epiſtropheuszahnes um den Atlas. m = 68 Millim., n = 73 Millim. Daher v = 100,35 Millim. und φ = 85° 7′ 57″, d. h. von der Mittellinie aus konnte der Atlas nach jeder Seite im Maximum um etwas weniger als 45° gedreht werden. Bei dieſen Verſuchen hatten die Halswirbel ihre Muskulatur noch vollſtändig an ſich, waren aber von den übrigen Muskeln des Halſes geſondert.

842 Die vorzüglichſten Strecker der Wirbelſäule liegen in der ſogenannten dritten und vierten Schicht der Rückenmuskeln. Hierher gehören insbeſondere die Multifidi spinae, die Interspinales, die Intertransversarii, am Halſe die Spinales und Semispinales cervicis, die Cervicales descendentes, Transversales cervicis, und aus der zweiten Muskelſchicht die Splenii colli, am Rücken und an den Lenden die Rotatores dorsi, die Semispinales dorsi, die Longissimi dorsi und die Sacrolumbares s. Ileocostales. Wirken dieſe beiderſeitigen Extenſoren zu ſtark,

[1] Weber a. a. O. S. 97.

ſo können ſie auch die nach hinten gerichteten Concavitäten der Hals- oder der Lendenwirbelſäule vergrößern. Bei einſeitiger Arbeit dagegen functioniren ſie entweder als ſeitliche Beuger oder als Dreher oder treten in beiderlei Rollen zugleich auf. Nur die längs der Mittellinie verlaufenden Interspinales, ſowie zum Theil die Spinales machen eine Ausnahme hiervon. Flexoren ſind beſonders die Intertransversarii, der Cervicalis descendens, Transversalis cervicis, Longissimus dorsi und der Sacrolumbaris im ältern Sinne des Wortes, Dreher der Multifidus Spinae, die Rotatores dorsi, der Semispinalis cervicis und dorsi, der Complexus und Splenius colli der einen Seite.

Bei Rückgrathsverkrümmungen ſind die beiderſeitigen Strecker der Wirbelſäule an den krankhaften Stellen entweder zu ſtark oder ungleich verlängert oder verkürzt. Daſſelbe gilt von den Fascien, vorzüglich der Fascia lumbo-dorsalis, welche die dritte Schicht der Rückenmuskeln von außen bedeckt. Nur bei reinen Kyphoſen kann eine gleichmäßige zu ſtarke Ausdehnung der Strecker beider Seiten eintreten. Dieſe Art von Verbiegung tritt daher nie in Folge von Leiden der Muskeln oder des Nervenſyſtemes, ſondern durch Zerſtörung der vorderen Theile der Wirbelkörper ein. — Ziehen die beiderſeitigen Strecker zu ſtark zuſammen, ſo werden ſie natürlich Lordoſe erzeugen. Am Halſe und vorzüglich an den Lenden kann dieſe, der Normalform entſprechend, ſehr leicht eintreten. Am Rücken dagegen widerſetzt ſich die Geſtalt der Wirbelſäule ſelbſt einem ſolchen Leiden. Daher auch hier eine Lordoſe ohne Drehung der Wirbel zu den ſeltenſten Erſcheinungen gehört. Umgekehrt haben wir ſie in dem Lumbartheile der Wirbelſäule am häufigſten. Sind z. B. die beiderſeitigen Longissimi dorsi und Sacrolumbares zu ſtark verkürzt, ſo wird ſich in der Lendengegend eine Aushöhlung einſtellen. Das Individuum wird oft um mehrere Zoll kleiner, als es früher war und zeigt einen wackelnden unſichern Gang. Betrifft das Leiden nur eine Seite, weil entweder der Longissimus dorsi und Sacrolumbaris primär zu ſtark contrahirt iſt, oder weil der Psoas als Antagoniſt keinen hinreichenden Widerſtand leiſtet, ſo richtet ſich das Becken ſchief. Der Schenkel der leidenden Seite erſcheint bei aufrechter, weniger aber bei liegender Stellung verkürzt. Die Differenz läßt ſich durch den Zug leicht ausgleichen. Allein ſobald dieſer aufhört, kehrt die Difformität von ſelbſt wieder (Stromeyer) [1].

Bei den reinen Skolioſen müſſen ſich zunächſt die tiefer liegenden, unmittelbar an der Wirbelſäule arbeitenden Muskeln betheiligen. Hierher gehören der Longissimus dorsi, der Sacrolumbaris und die Intertransversarii und bei Achſendrehungen der Wirbel der Multifidus spinae, die Rotatores und Semispinales dorsi. Dieſe Muskeln werden an derjenigen Seite, an welcher die Wirbelſäule concav eingebogen oder nach welcher hin ſie gedreht iſt, verkürzt, an der anderen verlängert erſcheinen. Hiernach müſſen auch die Indicationen beſtimmt werden, welche Muskeln etwa zur verſuchsweiſen Heilung der Mißgeſtaltung zu durchſchneiden ſind.

Eine eigenthümliche Reihe von Anſichten über die Muskeln, deren regelwidrige Zuſammenziehungen Skolioſen veranlaſſen können, hat Stromeyer [2]) entwickelt. Hiernach werden weniger die näheren, als die entfernteren, oberflächlicheren Muskeln, vorzüglich diejenigen, welche bei intenſiveren Athembewegungen thätig ſind, berückſichtigt. Stromeyer glaubt nämlich in Abrede ſtellen zu müſſen, daß die Intertransversarii, die Multifidi spinae, die Spinales und Semispinales dorsi bei den Skolioſen direct als urſächliche Momente afficirt ſeien, weil ſich ſonſt die Verkrümmungen mehr einſeitig ausdehnen müßten, als dieſes in der Wirklichkeit der Fall iſt, oder weil ſich dann nur einzelne Muskelköpfe krankhaft contrahiren würden, wozu kein rechter Grund vorliegt. Allein das letztere dürfte weder anatomiſch noch phyſiologiſch zu den Unmöglichkeiten gehören. Bei Schiefſtellungen des Kopfes und Halſes betheiligen ſich am häufigſten nach Stromeyer der Sternocleidomastoideus und der Cucullaris, der Levator anguli scapulae

---

[1]) L. Stromeyer über Paralyse der Inspirationsmuskeln. Hannover, 1836. 8. S. 53—57.

[2]) a. a. O. S. 51—89.

und der Rhomboideus, bei Skolioſen die Scaleni und vorzüglich der Serratus magnus, welcher als Antagoniſt des Zwerchfelles die Rippen nach außen, hinten und oben zieht, während ſie durch das Diaphragma die entgegengeſetzte Bewegungsrichtung erhalten. Iſt aber der große Sägemuskel der einen Seite gelähmt, ſo gewinnt der der anderen das Uebergewicht. Während dort der Bruſtkaſten einfällt und von der Achſelhöhle aus nach abwärts zu hohl wird, bewegen ſich die Rippen der entgegengeſetzten Seite nach oben und außen. Schon hierdurch entſteht dann eine Grundſtörung des ſeitlichen Aequilibers der Wirbelſäule. Allein da die Thätigkeit der Cucullares unter den obigen Verhältniſſen gleichzeitig gehindert iſt, ſo wird der Kappenmuskel derjenigen Seite, an welcher der Serratus nachgiebt, an Wirkſamkeit verlieren, weil hier das Schulterblatt weniger befeſtigt iſt. Der entgegengeſetzte Cucullaris dagegen greift die Dornfortſätze an und erzeugt eine Achſendrehung der Wirbel. Ob jedoch der Serratus anticus und vorzüglich der Cucullaris dieſe Kraft beſitzen, müſſen künftige Unterſuchungen noch definitiver feſtſtellen. Zur Bildung unterer Skolioſen können noch nach Stromeyer die Quadrati lumborum und die Psoae beitragen.

Die bei Rückgrathsverkrümmungen veränderten Muskeln weichen aber nicht immer in ihren Dimenſionen allein von einander ab, ſo daß die contrahirten kürzer und dicker, die ausgedehnten länger und platter erſcheinen, ſondern ändern ſich auch nicht ſelten ferner um. Treten die Knochentheile einander zu nahe, ſo können ſich ſogar nach Günther [1]) ihre Anſätze verſchieben und andere, als im Normalzuſtande werden — ein Fall, der phyſiologiſch noch ſehr räthſelhaft erſcheint. Die Zwiſchenräume der gezerrten Muskeln füllen ſich mit Fett oder einer gallertigen Maſſe oder beiderlei Subſtanzen zugleich. Die Muskelfaſern ſelbſt werden entweder tendinös oder blaß und erliegen zum Theil einer Fettumwandlung. Das erſtere ſoll bei denjenigen Muskeln Statt finden, welche durch active Zurückziehung die Verkrümmung erzeugen, das letztere dagegen dann eintreten, wenn die paſſiven Bewegungsorgane die erſte Veranlaſſung zur Difformität gegeben und die Muskeln ſich ruhiger verhalten haben (J. Guerin) [2]). Daß endlich zuletzt die ganzen Muskelmaſſen dergeſtalt entarten können, daß ihre einzelnen Köpfe, ſo wie Stellen ihres Verlaufes oder Anſatzes völlig unkenntlich werden, verſteht ſich von ſelbſt.

Rührt die Verkrümmung der Wirbelſäule von Knochenleiden her, oder iſt ſie überhaupt die urſprüngliche Krankheit, ſo werden ſich ebenfalls die Muskeln, ſo lange ſie energiſch wirken, activ verkürzen müſſen. Denn da die Diſtanz ihrer beiderſeitigen Anſatzpunkte verkleinert iſt, ſo wird eine Längenverminderung von ſelbſt eben ſo gut eintreten, als wenn wir z. B. die Anſatzſehne eines Muskels durchſchneiden. Hieraus folgt aber, daß die Durchſchneidung der angeſpannten kürzeren und dickeren Muskeln das Leiden in ſolchen Fällen höchſtens in geringem Grade zu verbeſſern, nicht aber zu heilen vermag. Hat man Grund zu vermuthen, daß eine active krampfhafte Verkürzung einzelner Rückenmuskeln, z. B. des Longissimus dorsi, Sacrolumbaris und der Intertransversarii, oder des Multifidus spinae, oder des Serratus anticus die Wirbelſäule ſchief ziehe, und iſt dieſer Zuſtand aus angeborenen oder erworbenen Längenverminderungen der genannten Muskeln entſtanden, ſo läßt ſich im Anfange des Uebels von der Myotomie Heil erwarten, ſobald nämlich die knöchernen Wirbel ſelbſt noch nicht auf beiden Seiten ungleich hoch ſind oder die Urſachen der Muskelverkürzung auf tieferen nicht gehobenen Leiden des Nervenſyſtemes beruhen. Sonſt dagegen kann dieſe Operation entweder gar nicht gelingen, oder es wird die Verbiegung nach einiger Zeit wiederkehren.

Von den übrigen orthopädiſchen Mitteln, welche zur Heilung von Verkrümmungen anempfohlen worden, widerſprechen einige mechaniſchen, andere phyſiologiſchen Grundſätzen. Läßt man z. B. Kranke der Art auf hohen Krücken gehen, ſo ſtellt man keine ſtabile, ſondern eine labile beiderſeitige Unterſtützung und Extenſion her. Die Höhen ſchwanken jedes Mal, je nachdem jeder der beiden Stäbe ſenkrecht oder ſchiefer aufgeſetzt wird. Zweckmäßiger ſind daher ſchon Mieder mit krückenartigen Fortſetzungen unter den Achſeln, ſobald ſie paſſend gearbeitet ſind und die Athmung nicht beſchweren. Durch anhaltende Streckung z. B. auf einem Streckbette die verkürzten Muskeln zu ihrer Normalthätigkeit zurückführen zu wollen, widerſtreitet dem phyſiologiſchen Geſetze, daß jeder

---

[1]) Günther in C. C. Schmidt's Encyclopädie der gesammten Medicin. Bd. VI. Leipzig, 1842. 4. S. 366. 67.

[2]) J. Guérin in Gazette médicale de Paris. 1840. 4. p. 365 fgg.

Muskel nur durch Uebung, d. h. durch abwechſelnde Zuſammenziehung und Erſchlaffung, nicht aber durch Ruhe erſtarkt. Wir ſehen daher auch, daß Verkrümmte, welche ſehr lange auf Streckbetten gelegen haben, nur noch mehr, als früher, ſobald ſie aufrecht ſtehen ſollen, zuſammenſinken. Die Anwendung dieſes Mittels darf höchſtens mit einem ſehr regulären Wechſel von gymnaſtiſchen Uebungen verſucht werden. Aehnliches gilt von Druckverbänden. Ueberhaupt ergiebt ſich aus den oben erwähnten pathologiſch anatomiſchen Verhältniſſen der Verkrümmungen der Wirbelſäule von ſelbſt, daß Uebel der Art nur im Kindesalter oder in dem allererſten Anfange zu beſeitigen, in ſpäterer Zeit etwas zu verbeſſern und, wenn ſchon Knochenabweichungen in irgend höherem Grade exiſtiren, gar nicht zu heilen ſind. Die einfachſten Mittel aber concentriren ſich, wie dieſes in der beſſeren Orthopädie gegenwärtig immer mehr Eingang findet, auf vier Hauptpunkte, nämlich Erzielung einer regelrechten Stellung der Wirbelſäule durch Application geeigneter Apparate, Stärkung der Muskeln durch Gymnaſtik, Verbeſſerung der Conſtitution durch gute Luft, Nahrung, Bäder u. dgl. und Vermeidung aller Arbeiten, welche eine ſchiefe Körperhaltung bedingen können.

Die Streckung des Kopfes an der Wirbelſäule erfolgt durch die Thätigkeit der beiderſeitigen Cucullares (?), Splenii capitis et colli, Biventres cervicis, Complexus, Trachelomastoidei (?), Obliqui capitis superiores und inferiores und Recti capitis postici majores und minores. Die meiſten dieſer Muskeln, wie z. B. der Splenius capitis et colli, Complexus, Obliquus capitis superior und inferior und Rectus capitis posticus major und minor wirken als Dreher, einzelne wie der Trachelomastoideus und der Rectus capitis lateralis mehr als ſeitliche Herabzieher. Die Rotation des Körpers des Atlas um den Zahnfortſatz des Epistropeus übernehmen der Splenius capitis, Trachelomastoideus, Obliquus capitis inferior der einen und der Sternocleidomastoideus der entgegengeſetzten Seite (Krauſe) [1]). 843

Dadurch, daß der Kopf des Menſchen wenigſtens bei der ſchon oben §. 837. angegebenen Lage auf der Wirbelſäule frei balanciren kann, braucht das Nackenband nur in rudimentärem Zuſtande vorhanden zu ſein. Bei den meiſten Säugethieren dagegen bildet die Wirbelſäule keine aufrechte elaſtiſche Stange, ſondern eine mehr oder minder horizontale Hängebrücke, an welcher vorn der Kopf ſuspendirt ſein muß. Je ſchwerer dieſer iſt, um ſo ſtärker fällt auch das Ligamentum nuchae aus und um ſo länger werden die Dornfortſätze der Hals- und Rückenwirbel, an welche es ſich befeſtigt. Ob es ſich bei Menſchen, welche conſtant den Kopf nach vorn überſinken laſſen, z. B. bei bejahrten Leuten, bei Buckeligen ſtärker entwickele, ſteht dahin.

Die vordere Fläche der Wirbelſäule beſitzt nur wenige directe Beuger oder Dreher, weil einerſeits ſchon ohnedies das Uebergewicht nach dieſer Seite überneigt und anderſeits Muskeln, welche urſprünglich zu anderen Zwecken dienen, jene Flexion nebenbei erfüllen können. Die ſchärfſte Ausbildung eigner Flexoren tritt noch am Halſe hervor Hier beugen die beiden Longi colli, wenn ſie gemeinſchaftlich wirken, die Cervicalparthie der Wirbelſäule, während die Recti capitis antici majores und minores den Kopf nach vorn ſenken. Arbeitet nur Einer der letzteren Muskeln, ſo neigt ſich der Kopf nach der Seite deſſelben. Jeder einzelne Longus colli bildet einen Dreher und zwar ſo, daß ſich der Hals bei der Thätigkeit der obern Portion nach derſelben, bei der unteren dagegen nach der entgegengeſetzten Seite wendet. Finden die Scaleni an den Rippen ihre feſten Punkte, ſo beugen oder neigen ſie ebenfalls die Halswirbelſäule, und 844

[1]) C. F. Th. Krause Handbuch der menschlichen Anatomie. Zweite Aufl. Bd. I. Hannover, 1861. 8. S. 461.

zwar der Scalenus anticus nach vorn, der Scalenus medius und posticus nach der Seite. Wirken die beiden mittleren oder die beiden hinteren Rippenhalter gleichzeitig mit derſelben Energie, ſo fixiren ſie den unteren Theil der Halswirbelſäule.

845 An der Bruſt und dem Bauche erſcheinen die beiderſeitigen Obliqui und Recti abdominis mit den Pyramidales als Flexoren der Wirbelſäule, indem ſie zunächſt die Rippen angreifen und ſo mit ſehr langen Hebelarmen die Wirbel afficiren. Am Lendentheile können die Psoae majores die Beugung bewirken, ſobald z. B. bei dem Stehen die Oberſchenkel fixirt ſind. Jeder Quadratus lumborum zieht, wenn er allein arbeitet, die Lendenparthie der Wirbelſäule nach ſeiner Seite. Sie wird aber durch die gleichzeitige Thätigkeit beider in ihrer Mittelrichtung feſtgeſtellt.

846 Der unterſte Theil der Wirbelſäule, das Heiligbein und Steißbein, zeichnen ſich durch ihre geringe Muskulatur aus. Da das erſtere das Piedeſtal der Wirbel und des auf ihnen balancirenden Kopfes bildet, ſo würde nur jede bedeutende Beweglichkeit dieſe ſeine Function geſtört haben. Daher die feſte Verbindung des Os sacrum mit den Darmbeinen durch die Symphysis sacro-iliaca. Am Steißbeine dagegen kann wiederum eine geringe Motilität hervortreten. Hier begegnen wir dann auch dem Curvator Coccygis s. Sacrococcygeus anticus und dem Coccygeus, welche die Flexion, und dem bisweilen iſolirten Extensor coccygis s. Sacrococcygeus posticus, welcher die Streckung der Streißbeine übernimmt.

Behufs der leichteren ärztlichen Beurtheilung der verſchiedenartigen Verkrümmungen des Kopfes und der Wirbelſäule folgt hier anhangsweiſe eine Ueberſicht der Muskeln, welche ſich vorn und hinten an den Kopf und die einzelnen Wirbel anfügen[1].

Kopfſtück oder Wirbel.	Theil des Kopfes oder Wirbels.	Muskel.	
		Urſprung.	Anſatz.
Hinterhauptsbein.	Grundtheil.		Recti capitis anteriores. Rectus capitis lateralis.
	Protuberantia occipitalis externa.	Cucullaris.	
	Linea semicircularis superior.	Cucullaris.	Splenius capitis Biventer. Complexus.
	Linea semicircularis inferior.		Rectus capitis posterior major und minor. Obliquus capitis superior.
Schläfenbein.	Pars mastoidea.		Splenius capitis.
	Processus mastoideus.		Sternocleidomastoideus. Trachelomastoideus.
Atlas.	Vorderes Tuberculum.		Longus colli.

[1]) Siehe auch Krauſe a. a. O. S. 1185—88. 1195—99.

Kopfſtück oder Wirbel.	Theil des Kopfes oder Wirbels.	Muskel. Urſprung.	Muskel. Anſatz.
	Seitenmaſſe.	Rectus capitis anticus minor.	
	Querfortſatz. Vorderes Tuberculum.	Rectus capitis anticus major. Rectus capitis lateralis.	Scalenus medius.
	Querfortſatz. Hinteres Tuberculum.	Rectus capitis lateralis. Obliquus capitis superior. Levator scapulae.	Splenius colli. Transversalis cervicis. Obliquus capitis inferior.
	Tuberculum des hinterſten Theiles des Bogens.	Rectus capitis posticus minor. Cucullaris.	
Epiſtropheus.	Körper.		Longus colli.
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortſatz.	Intertransversarius. Levator scapulae.	Scalenus medius. Splenius colli. Transversalis cervicis. Intertransversarius.
	Dornfortſatz.	Cucullaris. Rectus capitis posticus major. Obliquus capitis inferior. Spinalis colli. Interspinalis.	Semispinalis colli. Multifidus spinae.
	Schiefer Fortſatz.	Multifidus spinae.	
Dritter Halswirbel.	Körper.		Longus colli.
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortſatz.	Intertransversarius. Rectus capitis anterior major. Longus colli. Levator scapulae Trachelomastoideus Biventer. Complexus. Multifidus spinae.	Scalenus medius. Splenius colli. Transversalis cervicis. Intertransversarius.
	Dornfortſatz.	Cucullaris. Splenius capitis Spinalis colli. Interspinalis.	Semispinalis colli. Multifidus spinae. Interspinalis.
	Schiefer Fortſatz.	Multifidus spinae.	
Vierter Halswirbel.	Körper.		Longus colli.
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortſatz.	Intertransversarius. Rectus capitis anticus major. Longus colli. Levator scapulae Trachelomastoideus. Biventer. Complexus. Multifidus spinae.	Scalenus anterior und medius. Splenius colli. Transversalis cervicis. Intertransversarius.
	Dornfortſatz.	Cucullaris. Splenius capitis. Spinalis colli. Interspinalis.	Semispinalis colli. Multifidus spinae. Interspinalis.
	Schiefer Fortſatz.	Multifidus spinae.	
Fünfter Halswirbel.	Körper.	Longus colli.	Longus colli.
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortſatz.	Intertransversarius. Rectus capitis anticus	Scalenus anterior, medius u. posticus. Trans-

Wirbel.	Theil des Wirbels.	Muskel. Urſprung.	Muskel. Anſatz.
		major. Longus colli. Trachelomastoideus. Biventer. Complexus. Multifidus spinae.	versalis cervicis. Intertransversarius.
	Dornfortſatz.	Cucullaris. Splenius capitis Spinalis colli. Interspinalis.	Semispinalis colli. Multifidus spinae. Interspinalis.
Sechster Halswirbel.	Schiefer Fortſatz.	Multifidus spinae.	
	Körper.	Longus colli.	
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortſatz.	Intertransversarius. Retus capitis anticus major. Longus colli. Trachelomastoideus. Biventer. Complexus. Multifidus spinae. Transversalis cervicis.	Scalenus anticus, medius und posticus. Longus colli. Intertransversarius.
	Dornfortſatz.	Cucullaris. Splenius capitis. Rhomboideus. Serratus posticus superior. Spinalis colli. Interspinalis.	Semispinalis colli. Multifidus spinae. Interspinalis.
Siebenter Halswirbel.	Schiefer Fortſatz.	Multifidus spinae.	
	Körper.	Longus colli.	
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortſatz.	Intertransversarius. Trachelomastoideus. Biventer. Complexus. Multifidus spinae. Transversalis cervicis. Levator costae brevis I.	Scalenus medius u. posticus. Longus colli. Sacrolumbaris. Intertransversarius.
	Dornfortſatz.	Cucullaris. Splenius capitis. Rhomboideus. Serratus posticus superior. Biventer cervicis. Spinalis colli. Interspinalis.	Semispinalis colli. Multifidus spinae. Interspinalis.
Erſter Rückenwirbel.	Schiefer Fortſatz.	Multifidus spinae.	
	Körper.	Longus colli.	
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortſatz.	Intertransversarius. Trachelomastoideus. Transversalis cervicis. Biventer und Complexus. Semispinalis dorsi et colli. Multifidus spinae. Levator costarum II.	Fasciculus internus longissimi dorsi. Intertransversarius.
	Dornfortſatz.	Cucullaris. Splenius capitis. Rhomboideus. Serratus posticus superior. Biventer cervicis. Interspinalis.	Semispinalis dorsi. Multifidus spinae. Interspinalis.
Zweiter Rückenwirbel.	Körper.	Longus colli.	

Wirbel.	Theil des Wirbels.	Muskel.	
		Urſprung.	Anſatz.
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortſatz.	Levator costarum III. Sonſt wie am erſten Rückenwirbel.	wie am erſten Rückenwirbel.
	Dornfortſatz.	Cucullaris Splenius capitis. Splenius colli Rhomboideus. Serraratus posticus major. Interspinalis.	Spinalis und Semispinalis dorsi. Multifidus spinae. Interspinalis.
Dritter Rückenwirbel.	Körper.	Longus colli.	
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortſatz.	Levator costarum IV. Sonſt wie am erſten Rückenwirbel.	wie am erſten Rückenwirbel.
	Dornfortſatz.	Cucullaris. Splenius capitis. Splenius colli. Rhomboideus. Interspinalis.	wie am zweiten Rückenwirbel.
Vierter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortſatz.	Levator costarum V. Sonſt wie am erſten Rückenwirbel.	wie am erſten Rückenwirbel.
	Dornfortſatz.	Cucullaris. Splenius colli. Rhomboideus. Interspinalis.	wie am zweiten Rückenwirbel.
Fünfter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortſatz.	Biventer und Complexus. Semispinalis dorsi et colli. Multifidus spinae. Levator costarum VI. Intertransversarius.	wie am erſten Rückenwirbel.
	Dornfortſatz.	Cucullaris. Interspinalis.	wie am zweiten Rückenwirbel.
Sechſter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortſatz.	Biventer und Complexus. Semispinalis dorsi et colli. Multifidus spinae. Levator costarum VII. Intertransversarius.	wie am erſten Rückenwirbel.
	Dornfortſatz.	Cucullaris. Interspinalis.	Spinalis dorsi. Multifidus spinae. Interspinalis.
Siebenter Rückenwirbel.	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortſatz.	Biventer und Complexus. Semispinalis dorsi et colli. Multifidus spinae Levator costarum VIII. Intertransversarius.	wie am erſten Rückenwirbel.

Wirbel.	Theil des Wirbels.	Muskel. Urſprung.	Muskel. Anſatz.
Achter Rückenwirbel.	Dornfortſatz.	Cucullaris. Interspinalis.	wie am ſechſten Rückenwirbel.
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortſatz.	Semispinalis dorsi et colli. Multifidus spinae. Levator costarum IX. Intertransversarius.	wie am erſten Rückenwirbel.
Neunter Rückenwirbel.	Dornfortſatz.	Cucullaris. Interspinalis.	wie am ſechſten Rückenwirbel.
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortſatz.	Levator costarum X. Sonſt wie am achten Rückenwirbel.	wie am erſten Rückenwirbel.
Zehnter Rückenwirbel.	Dornfortſatz.	Cucullaris. Interspinalis.	Multifidus spinae. Interspinalis.
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortſatz.	Levator costarum XI. Sonſt wie am achten Rückenwirbel.	wie am erſten Rückenwirbel.
Eilfter Rückenwirbel.	Dornfortſatz.	Cucullaris. Spinalis dorsi. Interspinalis.	Multifidus spinae. Interspinalis.
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortſatz.	Multifidus spinae. Levator costarum XII. Intertransversarius.	wie am erſten Rückenwirbel.
Zwölfter Rückenwirbel.	Dornfortſatz.	Cucullaris. Spinalis dorsi. Interspinalis.	Multifidus spinae. Interspinalis.
	Körper.	Psoas major.	
	Bogen.		Multifidus spinae. Rotator.
	Querfortſatz.	Multifidus spinae. Intertransversarius.	wie am erſten Rückenwirbel.
Erſter Lendenwirbel.	Dornfortſatz.	Cucullaris. Spinalis dorsi. Interspinalis.	Multifidus spinae. Interspinalis.
	Körper.	Aeußerer Schenkel des Zwerchfelles. Psoas major und minor.	
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortſatz.	Aeußerer Schenkel des Zwerchfelles. Psoas major. Quadratus lumborum. Intertransversarius.	Quadratus lumborum. Sacrospinalis. Intertransversarius.
	Dornfortſatz.	Spinalis dorsi. Sacrospinalis. Interspinalis.	Multifidus spinae. Interspinalis.
	Processus accessorii und mammillares.	Multifidus spinae. Interaccessorii.	Longissimus dorsi.

Wirbel.	Theil des Wirbels.	Muskel. Urſprung.	Muskel. Anſatz.
Zweiter Lendenwirbel.	Körper.	Mittlerer Schenkel des Zwerchfelles. Psoas major.	
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortſatz.	Psoas major. Quadratus lumborum. Intertransversarius.	wie an dem erſten Lendenwirbel.
	Dornfortſatz.	wie am erſten Lendenwirbel.	wie am erſten Lendenwirbel.
	Processus accessorii und mammillares.	wie am erſten Lendenwirbel.	wie am erſten Lendenwirbel.
Dritter Lendenwirbel.	Körper.	Innerer Schenkel des Zwerchfelles. Psoas major.	
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortſatz.	wie am zweiten Lendenwirbel.	wie am zweiten Lendenwirbel.
	Dornfortſatz.	wie am erſten Lendenwirbel.	wie am erſten Lendenwirbel.
	Processus accessorii und mammillares.	wie am erſten Lendenwirbel.	wie am erſten Lendenwirbel.
Vierter Lendenwirbel.	Körper.	wie am dritten Lendenwirbel.	wie am dritten Lendenwirbel.
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortſatz.	wie am zweiten Lendenwirbel.	wie am zweiten Lendenwirbel.
	Dornfortſatz.	Sacrospinalis. Interspinalis.	wie am erſten Lendenwirbel.
	Processus accessorii und mammillares.	wie am erſten Lendenwirbel.	wie am erſten Lendenwirbel.
Fünfter Lendenwirbel.	Körper.	Psoas major.	
	Bogen.		Multifidus spinae.
	Querfortſatz.	Psoas major. Iliacus internus. Intertransversarius.	Sacrospinalis. Intertransversarius.
	Dornfortſatz.	wie am vierten Lendenwirbel.	wie am vierten Lendenwirbel.
	Processus accessorii und mammillares.	wie am erſten Lendenwirbel.	wie am erſten Lendenwirbel.
Heiligbein.	Vorderfläche.	Pyriformis.	
	Hinterfläche.	Glutaeus maximus. Sacrospinalis. Multifidus spinae. Intertransversarius.	

Die Rippen bilden mit dem Bruſtbeine einen im Ganzen und in ſeinen einzelnen Theilen beweglichen Korb, deſſen Veränderungen vorzugsweiſe für den Athmungsproceß in Anſpruch genommen werden. Die erſteren ruhen einerſeits an den Körpern und den Querfortſätzen der Wirbel und ſind anderſeits durch knorpelige Fortſatzſtücke mittelbar oder unmittelbar mit dem Bruſtbeine verbunden. Durch dieſe Einrichtung, ſowie durch ihre 847

eigene Länge bei verhältnißmäßig bedeutender Plattheit erhalten ſie eine große Federkraft und kehren daher leicht in ihre alte Stellung zurück, ſobald die ſie hebenden oder nach außen ziehenden oder ſonſt verändernden Muskeln in ihrer Zuſammenziehung nachlaſſen. Dieſes Verhältniß begünſtigt es zu gleicher Zeit, daß der Thorax nicht ſelten einen feſten Stützpunkt abzugeben vermag, damit einzelne Muskeln von ihm aus auf die Wirbelſäule, den Kopf, den Unterleib u. dgl. wirken können. In jedem Falle aber haben die Rippen an den Wirbeln doppelte Stützpunkte, nämlich einen an den Wirbelkörpern und einen an den Querfortſätzen. Ihre Beweglichkeit nimmt von oben nach unten immer mehr zu. Nur die vorletzte und letzte bilden eine Ausnahme hiervon. Ja die zwölfte erſcheint bisweilen ſelbſt fixer als die erſte (Soemmerring) [1]. Dieſem entſprechend iſt auch das Bruſtbein vermöge ſeiner Form, Ausdehnung und Lage, ſowie vermittelſt ſeines Schwertfortſatzes für eine größere Erweiterung des unteren Theiles des Thorax eingerichtet.

848 Die Muskulatur, welche an dem Bruſtkorbe arbeitet, ſucht ihn vorzugsweiſe im Ganzen oder in ſeinen einzelnen Parthieen zu heben oder zu ſenken. Jede ſtärkere Bewegung erſterer Art aber, welche die Rippen beſonders in ihrem hinteren Theile trifft, führt ſie zugleich nach außen. Die Art und Weiſe, wie hierdurch das Spiel des Athmungsmechanismus zu Stande kommt, wurde ſchon §. 407 u. 408 erörtert.

Dieſe Verhältniſſe würden ſich nach Beau und Maiſſiat [2]) nach Alter und Geſchlecht ändern. Denn nach dieſen Forſchern athmen Neugeborene vorzugsweiſe abdominal, erwachſene Männer dagegen mit den unteren und Frauen mit den oberen Rippen. Um eine genauere Ueberſicht der verſchiedenen Muskeln, welche an jeder Rippe und am Bruſtbeine arbeiten, zu erhalten, dient die nachfolgende Tabelle, in welcher einerſeits die Heber und anderſeits ihre Antagoniſten den einzelnen Theilen nach verzeichnet ſind. Die erſteren können als Inſpiratoren, die letzteren als Exſpiratoren wirken. Die in Parentheſe eingeſchloſſenen Muskeln finden ſich an den genannten Stellen nur unbeſtändig vor. Je nach Verſchiedenheit der Fixationspunkte kann übrigens ein Muskel, wie man aus der Ueberſicht ſieht, in der einen oder der anderen Rolle thätig ſein.

Theile.	Heber (möglicher Weiſe Inſpiratoren).	Antagoniſten der Heber (möglicher Weiſe bei der Exſpiration oder der mit ſtarkem Drücken verbundenen Inſpiration thätig).
Erſte Rippe.	Scalenus anticus. Scalenus medius. (Scalenus posticus). Levator costarum brevis I. Serratus anticus. (Serratus posticus superior. Cervicalis descendens.) Subclavius.	Intercostalis externus und internus und Subcostalis I.
Zweite Rippe.	Intercostalis externus und internus (und Subcostalis) I. Scalenus medius und posticus. Levator costarum brevis II. Serratus anticus.	Intercostalis und Subcostalis II. Triangularis sterni. (Fasciculus externus Longissimi dorsi.)

1) S. Th. Soemmerring Vom Baue des menſchlichen Körpers. Bd. II. Herausgegeben von R. Wagner. Leipzig, 1839. 8. S. 148. 49.

2) F. W. Oppenheim Zeitschrift für die gesammte Medicin. Hamburg, 1843. Bd. 23. S. 80. 81.

Theile.	Heber (möglicher Weiſe Inſpiratoren).	Antagoniſten der Heber (möglicher Weiſe bei der Exſpiration oder der mit ſtarkem Drücken verbundenen Inſpiration thätig).
	Pectoralis major. Serratus posticus superior. (Cervicalis descendens.)	
Dritte Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) II. Levator costarum brevis III. Serratus anticus. Serratus posticus superior. Cervicalis descendens. Pectoralis major et minor.	Intercostalis und Subcostalis III. Triangularis sterni. (Longissimus dorsi.)
Vierte Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) III. Levator costarum brevis IV. Serratus anticus. Serratus posticus superior. Cervicalis descendens. Pectoralis major et minor.	Intercostalis und Subcostalis IV. Triangularis sterni (Longissimus dorsi. Rectus abdominis.)
Fünfte Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) IV. Levator costarum brevis V. Serratus anticus. Serratus posticus superior. Cervicalis descendens. Pectoralis major et minor.	Intercostalis und Subcostalis V. Triangularis sterni. Longissimus dorsi. Obliquus abdominis externus. Rectus abdominis.
Sechſte Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) V. Levator costarum brevis VI. Serratus anticus. (Serratus posticus superior.) Cervicalis descendens. Pectoralis major.	Intercostalis und Subcostalis VI. (Triangularis sterni.) Longissimus dorsi. Fasciculus internus Sacrolumbaris. Obliquus abdominis externus. Rectus abdominis. (Transversus abdominis ?)
Siebente Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) VI. Levator costarum brevis VII. Serratus anticus. Pectoralis major. (Cervicalis descendens)Diaphragma.	Intercostalis und Subcostalis VII. (Triangularis sterni.) Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Obliquus externus und Rectus abdominis. (Transversus abdominis ?)
Achte Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) VII. Levator costarum brevis VIII. Serratus anticus. (Cervicalis descendens.) Diaphragma.	Intercostalis und Subcostalis VIII. Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Obliquus externus und Rectus abdominis. (Transversus abdominis ?)
Neunte Rippe.	Intercostalis (und Subcostalis) VIII. Levator costarum brevis IX. Levator costarum longus I. Serratus anticus. (Cervicalis descendens.) Diaphragma.	Intercostalis und Subcostalis IX. Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Serratus posticus inferior. Obliquus externus abdominis. (Transversus abdominis ?)
Zehnte Rippe.	Intercostalis und Subcostalis IX. Levator costarum brevis X. Levator costarum longus II Latissimus dorsi. (Cervicalis descendens.) Diaphragma.	Intercostalis und Subcostalis X. Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Serratus posticus inferior. Obliquus externus und internus abdominis. (Transversus abdominis.)
Eilfte Rippe.	Intercostalis und Subcostalis X. Levator costarum brevis XI. Levator costarum longus III. Latissimus dorsi. Diaphragma.	Intercostalis und Subcostalis XI. Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Serratus posticus inferior. Obliquus externus und internus abdominis. (Transversus abdominis ?)
Zwölfte Rippe.	Intercostalis und Subcostalis XI. Levator costarum brevis XII. Levator costarum longus IV. Latissimus dorsi. Diaphragma.	Longissimus dorsi. Sacrolumbaris. Serratus posticus inferior. Obliquus abdominis externus und internus. (Transversus abdominis ?) Quadratus lumborum.
Bruſtbein u. Schlüſſelbein.	Sternocleidomastoideus (und Sternothyreoideus und Sternohyoideus).	

Der Transversus abdominis wurde immer in dieſer Tabelle innerhalb einer Parentheſe und mit einem Fragezeichen hinzugefügt, weil ſich ſeine Wirkung trotz ſeines Anſatzes an die Rippen nicht ſowohl auf dieſe ausdehnt, ſondern mehr auf Verminderung des Bauchraumes beſchränkt. Das Zwerchfell gehört in der Regel zu den Inſpiratoren, ſucht aber wahrſcheinlicher Weiſe die Rippen nach innen und nicht nach außen zu führen. Bei dem Drücken kann es ebenfalls ſeine Beihülfe leiſten und in dieſer Beziehung eine ſchwankende Stellung einnehmen.

Bei allen tief greifenden Verkrümmungen der Wirbelſäule verbiegt ſich auch der Bruſtkaſten, ſo daß ſich die knöchernen und muskulöſen Gebilde beider Seiten ungleich verhalten. In allen Fällen wird hierdurch ſowohl der Raum der Bruſthöhle, als die ſenkrechte Höhe des Unterleibes verkleinert. Die Art und Weiſe aber, in welcher hierbei der Thorax von dem Normalzuſtande abweicht, iſt je nach Verſchiedenheit der Krümmungen ſehr verſchieden. Eine ausführliche Schilderung der mannichfachen, hierdurch zum Vorſchein kommenden Formen findet ſich bei C. Rokitansky, Handbuch der pathologischen Anatomie. Bd. II. 1842. 8. S. 275—278. Das ſpecielle Verhalten der Muskeln bedarf noch genauerer Unterſuchungen.

849 Das Zwerchfell und die 4 bis 5 Paare von Bauchmuskeln verengern den *Bauchraum* in allen ſeinen Dimenſionen. Das Diaphragma nimmt an den fixirten 6 unterſten Rippen ſeinen Stütz- und an dem Centrum tendineum ſeinen Angriffspunkt, und wird daher, wenn es ſich contrahirt, an allen Stellen ſeiner Peripherie herabgezogen. Jedoch tritt dieſe Bewegung vermöge der Ungleichheit der Muskelfaſern an den Seiten ſtärker, als hinten und vorn, und zwar in der letzteren Gegend am ſchwächſten hervor. Der ſenkrechte Durchmeſſer der Bauchhöhle wird auf dieſe Weiſe an ſeinem oberen Ende verkürzt. Die Rippen aber können nie durch das Zwerchfell gehoben werden.

Etwas Aehnliches erfolgt auch durch die Thätigkeit der Obliqui externi und interni und der durch die Pyramidales unterſtützten Recti abdominis, wenn dieſe den Rippenkorb herunterziehen. Die beiderſeitigen Obliqui, ſowie die Transversi abdominis verengern zugleich die queren und ſchiefen Durchmeſſer der Bauchhöhle. In dieſem Falle üben die zuſammengezogenen Recti einen Gegendruck aus, damit nicht ein Theil der beabſichtigten Wirkung durch Erweiterung des Bauchraumes von vorn nach hinten verloren gehe. Bei einſeitiger Thätigkeit kann vorzüglich der Obliquus externus s. descendens zur Seitenbiegung des Rumpfes beitragen. Inwiefern die Bauchmuskeln die Beugung der Wirbelſäule hervorrufen, wurde ſchon §. 841 erwähnt.

850 Am *Beckenausgange* endlich haben wir einen Muskelapparat, welcher vorzugsweiſe für den Maſtdarm, die Harn- und Geſchlechtswerkzeuge beſtimmt iſt. Der Levator ani hebt in dieſer Hinſicht das untere Ende des Maſtdarmes, der Proſtata und des Steißbeines in die Höhe und verkleinert daher den Beckenausgang, während der Sphincter ani externus das untere Ende des Maſtdarmes verengt und die Hautwülſte des Afters einander nähert. Die Folgen der Zuſammenziehung der Transversi perinaei dagegen ſind noch ſo gut als unbekannt. Der Vesicalis führt die Harnblaſe nach unten. Der Constrictor isthmi urethrae drückt den häutigen Theil der Harnröhre zuſammen und verkürzt ihn zum Theil. Die Bulbocavernosi comprimiren den Bulbus und die Corpora cavernosa der Urethra. Von ihren Specialwirkungen, ſowie von denen der Ischioca-

vernosi, des Cremaster und des Constrictor cunni wird in der Lehre von der Zeugung gehandelt werden.

Die Bogen, welche der Rumpf im Ganzen mit dem an ihm aufgehängten Kopfe durch Beugung und Streckung im Maximum zu beschreiben vermag, variirt bei verſchiedenen Menſchen in bedeutendem Grade. W. u. Ed. Weber [1]) erhielten an zwei Individuen für die drei Hauptgrößen der hierbei möglichen Excurſionen folgende Werthe: 851

Nr.	Scheitel und Bruſtbein.	Bruſtbein und Kreuzbein.	Scheitel und Kreuzbein.
1	147°	83°	230°
2	175°	85°	260°
Mittel	161°	84°	245°

Wir ſehen hieraus, daß ungefähr ⅔ des beſchriebenen Bogens auf die Hals- und ⅓ auf die Lendenwirbel kommen. Nach Krauſe [2]) können Kopf und Hals zuſammen von vorn nach hinten um ungefähr 75°, nach den Seiten um 45° bis 50° von der ſenkrechten Linie abweichen. Die Drehung nach jeder Seite dagegen beträgt 65° bis 75°. Ich erhielt bei einem 43jährigen und einem 21jährigen Manne ähnliche Reſultate. Es ergab ſich nämlich:

Nr.	Abweichung von der ſenkrechten Stellung bei möglichſter Beugung des Kopfes und Halſes nach		Geſammtgröße der Entfernung von Scheitel- und Bruſtbein.
	vorn	hinten.	
1	62°	105°	167°
2	72°	105°	177°
Mittel	67°	105°	172°

Daß die Lateralbeugung des Kopfes, wenn nur die oberſten Halswirbel daran Antheil nehmen, auch nach meinen Erfahrungen ungefähr 45° betrage, wurde ſchon oben angeführt. An dem lebenden Menſchen dagegen fällt dieſer Werth bedeutender aus, ſobald die ſämmtlichen Halswirbel daran Antheil nehmen. An den zwei genannten Individuen fand ich im Maximum der Anſtrengung (ſo daß die Halsmuskeln augenblicklich zu ſchmerzen anfingen) nach beiden Seiten einen Bogen von 160°, mithin nach jeder derſelben einen ſolchen von 80°.

Jede obere Extremität hängt an dem Schlüſſelbeine und dem Schulterblatte ihrer Seite. Da aber nur das erſtere auf eine innigere Weiſe mit dem Bruſtbeine eingelenkt iſt, das Schulterblatt dagegen gar 852

[1]) W. u. Ed. Weber a. a. O. S. 101. [2]) Krauſe a. a. O. S. 461. 62.

keine Articulation mit dem Thorax oder der Wirbelſäule darbietet, ſo verliert zwar hierdurch der Arm an Feſtigkeit, gewinnt aber dafür in hohem Grade an Beweglichkeit. Es müſſen daher, wenn keine ſtörende Nebenverhältniſſe eintreten, die Ortsveränderungen des Schlüſſelbeines und des Schulterblattes auch ſolche des Armes und zum Theil umgekehrt bedingen.

853 Der vorzüglichſte Heber der Clavikel iſt der Cucullaris. Wirkt dieſer im Ganzen, ſo wird die Schulter nach hinten und innen geſtellt. Sie geht aber durch einſeitige Thätigkeit der oberen Parthie des Muskels nach oben, der mittleren nach hinten und innen und der unteren nach unten [1]). Bei feſtgeſtelltem Arme können der Deltoideus und Pectoralis major (ſowie der Subclavius) das Schlüſſelbein herabziehen. Die Schulter ſenkt ſich dann gerade hinab oder tritt etwas nach vorn herunter.

854 Da das Schulterblatt in den meiſten Fällen als Ausgangspunkt für viele Muskeln, welche den Oberarm bewegen, dient, ſo heften ſich zweierlei Arten contractiler Gebilde an ſeine mannichfaltigen Kanten, Flächen und Fortſätze, nämlich 1) ſolche, welche die Schulter ſelbſt bei hängendem Oberarme nach beſtimmten Richtungen hin bewegen oder fixiren. Die Scapula tritt nach oben durch die Thätigkeit des oberen Theiles des Cucullaris und (zugleich etwas innen) durch den Levator scapulae, nach innen und oben durch den Rhomboideus major und minor, nach innen durch den ganzen Cucullaris, nach unten durch den untern Theil des Cucullaris, nach vorn, innen und unten durch den Pectoralis minor und nach außen und vorn durch den Serratus anticus. 2) Die übrigen Muskeln, welche ſich an das Schulterblatt anſetzen, wie der Deltoideus, Teres major und minor, Supraspinatus, Infraspinatus, Subscapularis, Biceps brachii, Caput longum tricipitis und Coracobrachialis, wirken vorzugsweiſe auf den Oberarm. Nur wenn ausnahmsweiſe das Letztere feſtgeſtellt iſt, ziehen ſie die Scapula in einer dieſer ihrer Thätigkeit entgegengeſetzten Richtung fort. Für den Omohyoideus (und den Coracocervicalis (Krauſe) dient ſie kaum je als beweglicher Theil.

855 Das Schultergelenk bildet die freieſte Arthrodie unſeres Körpers. Die ſeitlich geneigte faſt kugelige Gelenkoberfläche des Humerus ſpielt gegen die bedeutend kleinere Cavitas glenoidalis des Schulterblattes. Der Schutz der Bewegung wird daher der ſchlaffen Gelenkkapſel, welche nur durch das Ligamentum accessorium humeri verſtärkt wird, und den umgebenden Weichgebilden überlaſſen. Bei dieſer Einrichtung entſteht einerſeits der Vortheil einer ſehr ausgedehnten Beweglichkeit, anderſeits aber der Nachtheil, daß ſich hier am leichteſten Verrenkungen bilden können, und der Oberarmkopf am häufigſten unter den Processus coracoideus ausweicht.

856 Der Deltoideus hebt den Oberarm nach außen und oben und kann hierbei durch den Supraspinatus (und vielleicht auch durch den Coracobrachialis?) unterſtützt werden. Seine Senkung erfolgt durch den Pectoralis major, Latissimus dorsi, Teres major und minor und Subscapularis.

---

[1]) Theile a. a. O. S. 128.

Bei Befeſtigung des Humerus können dann noch der Coracobrachialis, das Caput breve bicipitis und das Caput longum tricipitis die Entfernung von Oberarm und Rumpf vermindern helfen. Vorzüglich die vordere Abtheilung des Deltoideus, des Pectoralis major und Coracobrachialis ziehen jenen nach vorn; die hintere Portion des Deltoideus dagegen, des Teres major und des Latissimus dorsi nach hinten. Einwärtsroller deſſelben ſind der Subscapularis und zum Theil der Pectoralis major, der Teres major und der Latissimus dorsi, Auswärtsroller dagegen der Supraspinatus, Infraspinatus, Teres minor und vielleicht bisweilen der Coracobrachialis.

Oberarm und Ulna ſind durch ein feſtes, vermittelſt des Olecranon der Sperrung fähiges Gelenk mit einander verbunden (§. 753). Hierdurch wird aber nur eine einſeitige Bewegungsſchwankung, nämlich Beugung und Streckung geſtattet. Um jedoch die Drehbewegungen des Vorderarmes und der Hand möglich zu machen, betheiligt ſich der Radius bei dem Charnier des Ellenbogengelenkes ſo wenig als möglich und ſpielt daher deſto leichter in dem um die Ulna gehenden Rotationen ſeiner Längenachſe. Zu dieſem Zwecke dreht ſich oben das Köpfchen der Speiche in dem kleineren halbmondförmigen Ausſchnitte der Ellenbogenröhre, während unten die Incisura semilunaris radii den vorderen Umfang des Capitulum ulnae umfaßt. Da die Drehung vorzugsweiſe auf die Hand berechnet iſt, ſo verbreitert ſich der Radius nach unten und beſchreibt ſo oben einen kleineren, unten dagegen einen größeren Kugelabſchnitt. Oben wird daher die Kapſelmembran der Speiche durch das Ligamentum articulare radii beſchränkt, während unten die Membrana sacciformis einen größeren Spielraum geſtattet. Es erzeugen ſich auf dieſe Art die Bewegungen der Pronation und der Supination. Bei der erſteren rotirt der Radius von der vorderen nach der hinteren Fläche der Ulna, bei der letzteren dagegen umgekehrt. 857

Die vorzüglichſten Beuger des Vorderarmes ſind der Biceps brachii und der Brachialis internus, die Strecker der Triceps brachii und der Anconeus quartus. Die erſteren können noch der Brachioradialis s. Supinator longus, der Flexor carpi radialis, der Pronator teres und bei befeſtigter Hand die Extensores carpi unterſtützen Die Pronation wird durch die Pronatores teres und quadratus, die Supination durch den Supinator longus und brevis bewerkſtelligt. Jene begünſtigt der Anconeus, dieſe der Biceps brachii. 858

In der Handwurzel hat die Natur acht kleine, gegen einander in geringem Grade bewegliche Knochen zu dem Zwecke mit einander verbunden, daß die mannichfaltigſten Verſchiebungen möglich werden. Sind dieſe auch einzeln genommen unbedeutend, ſo werden ſie doch durch die Metacarpusknochen und die Finger, welche als Zeiger wirken, vergrößert. Zu gleicher Zeit erzeugen die Carpusknochen mit den ſie überziehenden Weichgebilden ſichere Leitungsrollen für die zu den Fingern verlaufenden Sehnen. Die vorherrſchende Bewegung iſt die eines Charniers, welches von der Volarfläche nach der Dorſalfläche oder von der einen nach der andern 859

Seite ſpielt. Jedoch ſind auch beſchränkte Drehungen faſt in jeglicher Richtung möglich.

860 Als Flexoren der Hand erſcheinen der Flexor carpi radialis und ulnaris, der Palmaris longus und nächſt ihnen die Flexores digitorum communes sublimis und profundus, ſowie der Flexor pollicis longus, als Extenſoren die Extensores carpi radialis longus und brevis und der Extensor carpi ulnaris, ſowie zum Theil der Extensor digitorum communis, Extensor pollicis longus und brevis, der Extensor indicis proprius longus und der Extensor digiti minimi. Die nach der Ulnarſeite gerichtete Adduction vollführen der Flexor und Extensor carpi ulnaris, die Abduction der Flexor carpi radialis, der Extensor carpi radialis longus und brevis und zum Theil der Abductor pollicis. Die Pronation und Supination der Hand wird meiſtentheils durch die §. 853 genannten Vorwärts- und Rückwärtsbeuger des Vorderarmes vollbracht. Allein jene kann auch zum Theil durch den Flexor carpi radialis und den Extensor carpi ulnaris, dieſe durch den Flexor carpi ulnaris, die Extensores carpi radialis longus und brevis und den Abductor pollicis longus bewerkſtelligt werden.

861 Die vier Mittelhandknochen der Finger werden durch ſtraffe Gelenke mit der Handwurzel verbunden. Der Metacarpusknochen des Daumens bildet eine Arthrodie. Auch hier werden dann Minimalbewegungen, welche an der Baſis Statt finden, durch die als Radien wirkenden Finger bedeutend vergrößert. Die erſten Gelenke der vier Finger bilden faſt auf Charniere beſchränkte Arthrodien, während die zweiten und dritten Gelenke derſelben und die beiden des Daumens vollkommene Ginglymi darſtellen und nur der Beugung und Streckung fähig ſind. Jedoch hat auch ſie ihre Grenzen. Gegen die Volarſeite nämlich tritt durch die Form der Finger ſelbſt eine Beſchränkung zu ſtarker Beugungen ein. Dieſe erſcheint aber an der Dorſalfläche viel früher, weil die Ligamenta transversa volaria wie Stellbänder thätig ſind, ſobald die Extenſoren die Rückenſeite der Finger irgend concav zu machen ſuchen.

862 Der Palmaris longus ſpannt die Aponeuroſe der Hohlhand an und gewinnt an ihr einen fixen Punkt, von dem aus er als Beuger zu functioniren vermag. Der Palmaris brevis dagegen ſcheint die Haut der Vola manus in querer Richtung zu verkürzen und zu falten und in dieſer Beziehung vorzüglich bei dem Hohlmachen der Hand zu wirken.

Das erſte Glied des Daumens wird durch den Flexor pollicis brevis, welchen auch zum Theil der Abductor pollicis brevis unterſtützen kann, gebeugt, durch den Extensor pollicis brevis dagegen geſtreckt. Für das Nagelglied bilden der Flexor pollicis longus und der Extensor pollicis longus und brevis die Antagoniſten. Die Adduction erfolgt durch den Adductor pollicis, die Abduction durch die Abductores pollicis longus und brevis. Der Opponens pollicis und zum Theil der Flexor pollicis brevis und der Abductor pollicis brevis ziehen den Daumen nach innen, der Abductor pollicis longus, der Extensor pollicis longus und zum Theil der Extensor pollicis brevis nach außen.

Das erſte Glied des Zeigefingers wird durch den Lumbricalis pri- 863
mus oder die Flexores digitorum communes, vorzüglich den profundus, das zweite durch die entſprechende Sehne des Flexor digitorum communis sublimis s. perforatus oder durch die des Flexor digitorum communis profundus s. perforans, das dritte durch die des letzteren gebeugt. Seine Strecker ſind die correſpondirende Portion des Extensor digitorum communis und der Extensor indicis proprius, welcher letztere entweder nur auf das erſte oder auf alle Glieder zu wirken vermag. Der Zeigefinger kann durch den Interosseus internus s. volaris primus, durch die erſte Sehne des Flexor digitorum communis und zum Theil durch die des Extensor indicis proprius gegen den Mittelfinger, durch den Interosseus externus s. dorsalis primus dagegen und den correſpondirenden Antheil des Extensor digitorum communis gegen den Daumen gezogen werden.

Mittel- und Ringfinger werden in ihren erſten Gliedern primär durch 864
die Lumbricales II. und III. und ſecundär durch die beiden Flexores digitorum communes, in ihrer zweiten Articulation durch die letzteren und vorzüglich durch den Flexor digitorum sublimis und in ihrer dritten Gelenkverbindung durch den Flexor digitorum profundus gebeugt und durch die zweite und dritte Sehne des Extensor digitorum communis geſtreckt. Der Zug des Ringfingers gegen den Mittelfinger kommt durch den Interosseus volaris secundus, der des letzteren gegen den erſteren durch den Interosseus dorsalis tertius (wenn man den Interosseus primus und den Abductor indicis unterſcheidet) zu Stande. Jene Bewegung geht auch bisweilen ſecundär durch die Zuſammenziehung des Flexor digitorum sublimis, dieſe durch die des Extensor digitorum communis hervor.

Am kleinen Finger endlich wirken der zu ihm gehörende Lumbricalis 865
und die Sehnen der Flexores communes digitorum in ähnlicher Weiſe wie an den anderen Fingern. Außerdem kann aber noch die Beugung des erſten Gliedes durch den Flexor brevis digiti minimi, welchen der Abductor digiti minimi zu unterſtützen vermag, die Streckung durch den Extensor digiti minimi vollzogen werden. Die Annäherung an den Ringfinger beſorgt der Interosseus volaris tertius, die des erſteren an den Ohrfinger dagegen der Interosseus dorsalis quartus und die Entfernung des kleinen Fingers von dem erſteren der Abductor digiti minimi. Der Adductor digiti minimi bringt den letzteren nach innen und gegen den Daumen hin [1]).

Die offene Hand wird durch die Interossei volares, den Opponens 866
pollicis und den Adductor digiti minimi hohl gemacht. Die dabei Statt findende Runzelung der Haut iſt größtentheils eine einfache Folge der Verhältniſſe, kann jedoch durch den Palmaris brevis unterſtützt ſein. Vermittelſt der Abductores pollicis longus und brevis, des Abductor digiti minimi und des Interosseus dorsalis primus und quartus werden die Finger auseinander geſpreizt. Ihre Annäherung dagegen erfolgt durch die Adductores pollicis und digiti minimi, ſowie durch die Interossei volares. Die letzteren Muskeln ſchließen in Verbindung mit den Fingerbeugern die

---

[1]) Theile a. a. O. S. 284. 85 fgg.

Fauſt [1]). Ueber die gegenſeitigen Combinationen der Beugung der einzelnen Finger ſ. Theile in Müller's Archiv 1839. S. 420. und Soemmerring's Muskellehre. Neue Ausgabe. Leipzig, 1841. 8. S. 269.

Da es zu weit führen würde, alle möglichen Combinationen der Muskeln der oberen Extremität bei den verſchiedenen Stellungen und Bewegungen anzugeben, ſo wurde als Compenſation dafür die nachfolgende Tabelle entworfen. In ihr finden ſich die Muskeln, welche eine Grundbewegung erzeugen, mit ihren Antagoniſten verzeichnet. Man kann daher bald für jede geſunde oder krankhafte Stellung der oberen Extremität entweder unmittelbar oder durch Combination des Kräfteparallelogrammes die thätigen Muskeln finden. Die in Parentheſe eingeſchloſſenen Namen beziehen ſich auf Muskeln, welche nur unter ſeltener Nebenbedingung dieſe Thätigkeit ausüben.

Theil.	Muskeln.	Bewegung der in der zweiten Col. genannten Muskeln.	Antagoniſten der in der zweiten Columne verzeichneten Muskeln.
Schlüſſelbein.	Cucullaris. (Portio clavicularis Sternocleidomastoidei.)	nach oben.	Subclavius. Pectoralis major. (Deltoideus.)
Schulterblatt.	Levator scapulae. Rhomboideus major und minor.	nach oben und zum Theil nach innen.	Serratus anticus. (Pectoralis minor.) (Coracobrachialis.)
	Oberer Theil des Cucullaris.	nach oben.	Unterer Theil des Cucullaris.
Oberarm.	Deltoideus. Supraspinatus. (Coracobrachialis?) (Caput longum bicipitis.)	nach oben.	Pectoralis major. Teres major und minor. Subscapularis. Latissimus dorsi. (Coracobrachialis?) (Caput breve bicipitis.) (Caput longum tricipitis.)
	Vordere Portion des Deltoideus. Pectoralis major. Coracobrachialis.	nach vorn.	Hintere Portion des Deltoideus. Teres major. Latissimus dorsi.
	Subscapularis. Teres major. Latissimus dorsi. Pectoralis major.	Einwärtsroller.	Supraspinatus. Infraspinatus Teres minor. (Coracobrachialis?)
Vorderarm.	Biceps brachii. Brachialis internus. (Brachioradialis s. Supinator longus. Flexor carpi radialis. Pronator teres). (Extensor carpi radialis longus.)	Beuger.	Triceps brachii. Anconaeus quartus. (Extensores carpi radiales longus und brevis. Extensor carpi ulnaris.)
	Pronator teres und quadratus. (Anconaeus quartus.)	Pronation.	Supinatores longus und brevis. (Biceps brachii.)
Hand.	Flexores carpi radialis und ulnaris. Palmaris longus. (Flexores digitorum communes sublimis und profundus. Flexor pollicis longus.)	Beuger.	Extensores carpi radiales longus und brevis. Extensor carpi ulnaris. (Extensor digitorum communis. Extensores pollicis longus und brevis. Extensor indicis proprius. Extensor digiti minimi.)
	Flexor carpi ulnaris. Extensor carpi ulnaris.	Adduction.	Flexor carpi radialis. Extensores carpi radiales longus und brevis. Abductor pollicis longus.

[1]) Krauſe a. a. O. S. 469.

Theil.	Muskel.	Bewegung der in der zweiten Col. genannten Muskeln.	Antagoniſten der in der zweiten Columne verzeichneten Muskeln.
	Pronatores teres und quadratus. (Anconaeus quartus.) Flexor carpi radialis. Extensor carpi ulnaris.	Pronation.	Supinator longus und brevis. (Biceps brachii.) Flexor carpi ulnaris. Extensores carpi radiales longus und brevis. Abductor pollicis longus.
Daumen.	Flexor pollicis brevis. (Abductor pollicis brevis).	Beugung des erſten Gliedes.	Extensor pollicis brevis (und longus).
	Flexor pollicis longus.	Beugung des Nagelgliedes des Daumens.	Extensor pollicis longus.
	Adductor pollicis.	Abduction.	Abductores pollicis longus und brevis.
	Opponens pollicis. (Abductor pollicis brevis?)	Drehung und Zug nach innen.	Abductor pollicis longus. Extensor pollicis longus (und brevis).
Zeigefinger.	Lumbricalis primus. Flexores digitorum communes sublimis und profundus.	Beugung des erſten Gliedes.	Extensor digitorum communis und Extensor indicis proprius.
	Flexores digitorum communes sublimis u. profundus.	Beugung des zweit. Gliedes.	
	Flexor digitorum communis profundus s. perforans.	Beugung des Nagelgliedes.	
	Interosseus internus s. volaris primus. Flexor digitorum communis. (Extensor indicis proprius.)	Zug gegen den Mittelfinger.	Interossei externi s. dorsales primus und secundus s. Abductor indicis. Extensor digitorum communis.
Mittelfinger und Ringfinger.	Lumbricales secundus und tertius. Flexores communes digitorum sublimis und profundus.	Beugung des erſten Gliedes.	Extensor digitorum communis.
	Flexores digitorum communes sublimis u. profundus.	Beugung des zweit. Gliedes.	
	Flexor digitorum profundus.	Beugung des Nagelgliedes.	
	Interosseus dorsalis tertius.	Zug des Mittelfingers gegen den Ringfinger.	Interosseus volaris secundus. (Zug des Ringfingers gegen den Mittelfinger.)
	Interosseus dorsalis quartus.	Zug des Ringfingers gegen den kleinen Finger.	Interosseus volaris tertius. (Zug des kleinen Fingers gegen den Ringfinger.)
Kleiner Finger.	Lumbricalis quartus. Flexor digiti minimi brevis. (Abductor digiti minimi.) Flexores communes digitorum sublimis und profundus.	Beugung des erſten Gliedes.	Extensor digitorum communis und Extensor digiti minimi.
	Flexores communes digitorum sublimis u. profundus.	Beugung des zweit. Gliedes.	
	Flexor communis digitorum profundus.	Beugung des Nagelgliedes.	
	Abductor digiti minimi.	Abduction.	Adductor s. Opponens digiti minimi. (Rollung n. innen.)

Außer dieſen Muskeln können ſich noch die Aponeuroſen bei Verkürzungen betheiligen. Vorzüglich gilt dieſes von der ſehnigten Ausbreitung der Hohlhand und deren bis zu dem dritten Phalanx der Finger gehenden Verlängerungen (R. Froriep)[1]. Die Längenverminderung derſelben vermag dann anhaltende Beugungen der Finger hervorzurufen. Ueber die verſchiedenen Stellungen der Klumphand und die dabei vorzugsweiſe afficirten Muskeln (Flexores und Extensores carpi et digitorum und Palmaris longus) ſ. G. B. Günther: Das Handgelenk in mechanischer, anatomischer und chirurgischer Beziehung dargestellt. Mit Zeichnungen von J. Milde. Hamburg, 1841. 4. und Günther in Schmidt's Encyklopädie der gesammten Medicin. Bd. VI. Leipzig, 1842. 8. S. 343. 44.

867 Die Größe der Bogen, welche die mannichfaltigen Theile der oberen Extremität bei ihren Bewegungen beſchreiben können, fallen ſehr verſchieden aus. In der nachfolgenden Tabelle ſind die wichtigſten derſelben, wie ich ſie an Anderen und mir gefunden, bezeichnet. Die Zahlen beziehen ſich auf die Maxima, welche bei einer beſtimmten Bewegungsrichtung möglich ſind. Mehrere unter einander geſtellte Werthe bezeichnen die verſchiedenen Reſultate wiederholter Meſſungen. Zum Vergleich wurden auch die früheren, meiſtentheils übereinſtimmenden Angaben von Krauſe[2], ſowie die Günther's[3] hinzugefügt.

Theil.	Hauptbewegung.	Specielle Umſtände.	Maximalgröße der möglicher Weiſe beſchriebenen Bogen.		
			Krauſe.	Günther.	Ich.
Oberarm (Schultergelenk).	Elevation.	Vordere Seite des Körpers ſowohl, als des Oberarmes nach vorn. Hebung der ſonſt ſteif bleibenden und urſprünglich gerade am Körper anliegenden oberen Extremität nach außen, oben und innen (über dem Kopf)	—	—	200° 196°
		Vordere Fläche des Körpers und Radialſeite nach vorn. Hebung im Schultergelenke nach vorn, oben und hinten	—	—	196°
	Rückwärtsbewegung.	Vordere Fläche des Körpers und Radialſeite des Armes nach vorn. Der letztere hängt gerade herab und ſteht daher auf dem Boden nicht ganz ſenkrecht, ſondern iſt etwas nach vorn geneigt. Bewegung nach hinten und oben	—	—	67°
		Die letztere bei ganz ſenkrecht herabhängendem Arme .	—	—	60°

[1] Vergl. gegen das letztere Theile a. a. O. S. 295. 96. J. E. Malgaigne, Abhandlung der chirurgischen Anatomie und experimentalen Chirurgie. Uebersetzt von F. Reifs und J. Lichmann. Bd, II. Prag, 1842. 8. S. 399. 400.

[2] Krause a. a. O. S. 468. 69. [3] Günther, Handgelenk. S. 14–21.

Theil.	Hauptbewegung.	Specielle Umſtände.	Maximalgröße der möglicher Weiſe beſchriebenen Bogen.		
			Krauſe.	Günther.	Ich.
	Senkrechte Kreisbewegung von hinten nach vorn.	Zuletzt genannte Stellung. Größtmögliche Kreisbewegung des Armes im Schultergelenke von hinten und oben nach vorn und dann nach oben und hinten .	—	—	256°
	Drehung.	Drehung bei horizontal ausgeſtrecktem Arme . . .	—	—	360°
Vorderarm (Ellenbogengelenk).	Beugung.	Möglichſte Beugung u. Streckung des Vorderarmes gegen den Oberarm . . .	140°	—	141°
	Pronation.	Bogen zwiſchen möglichſt ſtarker Pronation und Supination des Vorderarmes allein, während das Carpalgelenk durch Anbinden der Hand an ein Brett unbeweglich gemacht worden .	—	—	85° 87° 90°
Hand (Handgelenk).	Beugung.	Bogen zwiſchen gerader möglichſter Beugung und Streckung	120°-145°	140°	165°
		Beugung aus der horizontalen Lage nach unten und hinten	65°—90°	60°	107°
		Streckung aus der horizontalen Lage nach oben . .	55°	80°	52° 56° 58°
	Rückenbewegung.	Bogen von der größtmöglichen Biegung der flach aufgelegten, nach der Radialſeite gewendeten Hand nach der Ulnarſeite	75°	73°	80°
	Adduction.	Biegung der flach aufgelegten und gerade ausgeſtreckten Hand nach der Ulnarſeite	35°	40°	40°
	Abduction.	Biegung der flach aufgelegten und gerade ausgeſtreckten Hand nach der Radialſeite	40°	33°	40°
	Pronation.	Größtmögliche Pronation und Maximum der Supination unter Beihilfe des Handgelenkes des Vorderarmes und des Oberarmes, bei horizontal geſtreckter oberer Extremität	405°	310°	405° 407° 415° 424°
		Unter denſelben Verhältniſſen Pronation allein . . .	225°	—	160° 205° 212° 215°
		Unter denſelben Verhältniſſen Supination allein . . .	180°	—	209° 235° 255° 255°

Theil.	Hauptbewegung.	Specielle Umſtände.	Maximalgröße der möglicher Weiſe beſchriebenen Bogen.		
			Krauſe.	Günther.	Ich.
		Größtmögliche Pronation und Supination bei fixirtem Oberarme und an die Bruſt angedrücktem Ellenbogengelenke	—	180°	135° 160°
Daumen.	Drehung.	Drehung des unteren Endes des Metacarpusknochens.	—	—	360°
	Bewegung nach außen.	Flach aufgelegte Hand. Der Daumen an den Zeigefinger aufgelegt und dann möglichſt ſtark abducirt	—	—	86°
	Beugung der erſten Phalanx.	Die Handfläche flach aufgelegt. Die Finger ſchweben. Möglichſte Streckung des erſten Daumengliedes nach außen und Beugung nach innen gegen die Handfläche .	—	—	95°
	Beugung der zweiten Phalanx	Flach aufgelegte Hand . .	—	—	90° 105° 110°
Finger.	Beugung des erſten Gliedes.	— — —	90°	—	90°
	Beugung des zweiten Gliedes	— — —	120°	—	120°
	Beugung des dritten Gliedes	— — —	90°	—	90°
	Abduction und Adduction des Zeigefingers.	Bei ganz flach aufgelegter Hand	—	—	45° 52°
	Desgl. des Mittelfingers.	Desgl.	—	—	30° 40° 42°
	Desgl. des Ringfingers.	Desgl.	—	—	36°
	Desgl. des kleinen Fingers.	Desgl.	—	—	45° 52°

Wir können daher als durchſchnittliche Werthe annehmen, daß der ſenkrecht herabhängende Oberarm um $\frac{5}{9}$ von vier Rechten gehoben und um $\frac{1}{6}$ von 360° nach hinten geführt zu werden vermag. Die Biegung des Vorderarmes beträgt $\frac{7}{18}$, die Pronation deſſelben allein $\frac{1}{4}$, die Flexion der Hand $\frac{1}{4}$ — $\frac{7}{24}$, die Streckung $\frac{1}{6}$, die Seitenbewegung $\frac{1}{5}$ — $\frac{2}{9}$, die Abduction $\frac{1}{9}$, die Adduction $\frac{1}{9}$ und die Pronation unter Betheiligung der Hand, des Vorderarmes und des Oberarmes $1\frac{1}{9}$ bis $1\frac{1}{6}$ von vier Rechten. Die vollſtändige Abduction oder Flexion der beiden Glieder des Daumens, die Beugung des erſten und dritten Gliedes der Finger gleicht ungefähr $\frac{1}{4}$, die des zweiten Gliedes derſelben $\frac{1}{3}$ jenes Grundwerthes. Iſt die Hand flach aufgelegt, ſo können der Zeigefinger und der

kleine Finger um circa $1/7$, die beiden Mittelfinger dagegen um etwa $1/10$ von 360° nach beiden Seiten hin gedreht werden.

Die Methode, deren ich mich zur Beſtimmung der obigen Winkel bediente, war die, daß an jedem beweglichen Theile eine fixe Stelle beſtimmt wurde, die man an einer Tafel oder einem Blatte durch einen Punkt bezeichnete. Während der Drehung wurde ein zweiter und hierauf der Endpunkt der Bewegung angegeben. Indem man dann nach beiden Seiten einander durchkreuzende Bogen von denſelben Radien ſchlug und die Durchſchnittspunkte durch gerade Linien verband, ergab ſich der Mittelpunkt, und durch Ziehen von Halbmeſſern nach den beiden Enden die Größe des Winkels. Bei Theilen, welche wie z. B. der im Schultergelenke bewegte Oberarm keine vollkommenen Kreisbogen beſchreiben, wurde der zweite Beſtimmungspunkt nahe am Anfange der Excurſion genommen.

Das Becken bildet mit dem unbeweglichen Heiligbeine einen feſten 868
Ring, auf dem der Oberkörper ruht und der ſelbſt wieder auf den Schenkelbeinen laſtet. Zu dieſem Zwecke wird die faſerknorpelige Vereinigung des Kreuzbeines mit den Darmbeinen, die Symphysis sacro-iliaca, die an und für ſich bei ſtärkerem Drucke nachgeben und wackeln würde, durch die Ligamenta sacro-iliaca vaga anteriora und posteriora und die Ligamenta ilio-sacra postica longa und brevia verſtärkt. Acceſſoriſch kommen dann noch von den Querfortſätzen des fünften Lendenwirbels die Ligamenta ileo-lumbalia superiora und inferiora hinzu. Auf gleiche Weiſe wird die gegenüberſtehende lockere Verbindung, die Symphysis pubis, durch das Ligamentum arcuatum superius unterſtützt und das Ligamentum arcuatum inferius vervollſtändigt. Endlich dienen noch die von dem Kreuzbeine und dem Steißbeine nach den Sitzbeinen kreuzweiſe ſich hinüberziehenden Ligamenta tuberoso-sacra und spinoso-sacra als feſte Anzugsbänder, welche zwar etwas nachgeben können, jede zu bedeutende Erweiterung der unmittelbar über dem Beckenausgange gelegenen Höhlung aber verbieten. Das auf dieſe Art befeſtigte Becken befindet ſich bei aufrechter Stellung keineswegs ſenkrecht, ſondern iſt dann ſchief an der Verticalen der Wirbelſäule aufgehängt. Es geht daher auch nicht der Ebene des Fußbodens parallel, es bildet vielmehr ebenfalls eine erhebliche Neigung gegen dieſelbe. Nach Naegelé beträgt der Winkel zwiſchen dem oberen Beckendurchmeſſer und dem horizontalen Fußboden bei der Frau 60°; folglich mit der Senkrechten der Wirbelſäule 150°. W. und Ed. Weber[1]) erhielten bei vier erwachſenen männlichen und weiblichen Becken 60°,30′ bis 65°, im Mittel 63°,15′ und bei drei unausgewachſenen 61° bis 69°, im Durchſchnitt 64°,40′. Für die Neigung des unteren Beckendurchmeſſers mit dem Fußboden fanden Naegelé 11° und W. und Ed. Weber[2]) in 15 an Lebenden gemachten Beſtimmungen 6°,45′ bis 27°,18″, im Mittel 16°,51′. Man kann hiernach annehmen, daß der obere Durchmeſſer des Beckens erwachſener geſunder und aufrecht ſtehender Menſchen mit der Senkrechten der Wirbelſäule einen Winkel von 150° bis 159°, der untere dagegen einen ſolchen von 96°,45′ bis 117°,18″ bildet.

Es ergiebt ſich von ſelbſt, daß für die Bewegungen des Körpers die Symphysis sacro-iliaca mit ihrem Bandapparate weit wichtiger iſt, als die Schaambeinſymphyſe mit

[1]) a. a. O. S. 129. [2]) a. a. O. S. 126.

dem ihrigen. Nach Zerſtörung der erſteren wird daher auch das freie Stehen unmöglich, während dieſes, wie der Prolapsus vesicae urinariae universae lehrt, bei der Symphysis pubis nicht der Fall iſt. Individuen der Art ſtehen ſicher, zeichnen ſich aber durch einen ſeitlich ſchwankenden Gang aus.

869 Die eigenthümliche Einrichtung des **Hüftgelenkes** erklärt ſich größtentheils, ſobald wir nur berückſichtigen, daß die Laſt des Rumpfes bei dem Stehen, Gehen u. dgl. auf demſelben ruhen muß und daß anderſeits ein beſchränktes Maaß freier Beweglichkeit herzuſtellen war, wenn die mannichfaltigen Zwecke der unteren Extremitäten erfüllt werden ſollten. Wir haben daher hier ein ſehr vollkommenes Nußgelenk. Die Oberfläche der Pfannenvertiefung ſowohl als die der Convexität des Schenkelkopfes bilden mit Ausnahme zweier Stellen vollſtändige Kugelflächen. An der Pfanne weicht hiervon bloß die Fossa acetabuli mit ihrem Ausläufer, der Incisusa acetabuli, an dem Oberſchenkelkopfe die Fossa capitis ossis femoris ab. Beide ſind vorzugsweiſe für die Aufnahme des bald zu erwähnenden runden Bandes beſtimmt. Die Halbmeſſer der Kugelflächen differiren von einander, wenn man die beiderſeitigen Knorpelüberzüge hinzurechnet, nur um ein Minimum, ſo daß höchſtens ein Zwiſchenraum für eine dünne Schicht Synovia übrig bleibt. Die Halbkugel der Pfanne wird dann noch durch einen nachgiebigeren Knorpelring, das Labrum cartilagineum, vervollſtändigt. Das letztere iſt biegſam genug, um zum Theil bei verſchiedenen Stellungen der Extremitäten, ſobald die Laſt der oberen Körpertheile auf ihnen ruht, nachzugeben, beſitzt aber anderſeits eine hinreichende Feſtigkeit, damit die Pfanne in jedem Falle den Schenkelkopf in einer bedeutenden Ausdehnung umſchließe und die benachbarten Weichgebilde nicht in die Höhle des Acetabulum eindringen können. Daher wurde auch ſeine Thätigkeit mit der eines Ventiles verglichen [1]. Da aber der Schenkelkopf ſchon ohnedies durch den äußeren Luftdruck am Becken angehalten wird, ſo brauchte nicht der concave Theil des Gelenkes oder der Pfanne die Größe einer Halbkugel oder eines Bogens von 180° zu überſchreiten, um jenen in ſich zu fixiren. Daß durch Vermeidung eines ſolchen Uebelſtandes an Beweglichkeit gewonnen wurde, verſteht ſich von ſelbſt.

870 Während die Synovialmembran des Hüftgelenkes hier, wie überall, die unerläßliche Gelenkſchmiere liefert, zeigt die Kapſelmembran mehrere Eigenthümlichkeiten. An einzelnen Stellen nämlich wird ſie durch acceſſoriſche Faſerſchichten in ſehr bedeutendem Maaße verſtärkt. Von der Spina anterior inferior ossis ilei geht ein Ringband, die Zona orbicularis, um den Schenkelkopf herum, empfängt noch zwei Verſtärkungsbündel vom Pfannenrande und dient vorzugsweiſe dazu, das Caput femoris und die Pfanne bei ſtarken Streckungen der unteren Extremität dichter an einander zu preſſen. Nicht minder eigenthümlich ſind zwei andere Bandapparate, welche zur Feſtigkeit des Hüftgelenkes weſentlich beitragen. Da ſie ſeitlich liegen und nach außen nur von Weichgebilden bedeckt ſind, ſo hat die Laſt des Oberkörpers, wenn ſie auf den Schenkelköpfen ruht, das Beſtreben, dieſe

[1] W. u. Ed. Weber a. a. O. S. 135.

nach außen zu treiben und von dem Becken zu entfernen. Um einer ſolchen nachtheiligen Wirkung entgegenzuarbeiten und die Muskeln der Aufgabe zu entheben, dieſe Thätigkeit zu übernehmen, dient das ſogenannte Ligamentum superius oder eine überaus ſtarke dreieckige, nach außen breiter werdende Faſermaſſe, welche von der Spina anterior inferior ossis ilei nach dem Zwiſchenraume zwiſchen dem Schenkelhalſe, dem großen Rollhügel und der Linea intertrochanterica anterior hinabgeht. Es iſt das dickſte Band des Körpers und ſelbſt noch an dünneren Stellen ſtärker als das Knieſcheibenband oder die Achillesſehne (W. u. Ed. Weber)[1]). Es tritt dem nach unten und hinten wirkenden Druck und einer in dieſer Beziehung möglichen Verſchiebung entgegen. Ein anderes Band, das Ligamentum teres, erſtreckt ſich von der Kopfgrube des Schenkelbeines nach dem durch Fett ausgepolſterten Pfannenausſchnitte und bildet bei aufrechter Stellung einen ſenkrechten Bogen (W. und Ed. Weber)[2]). Man ſieht leicht, daß auch durch dieſe Einrichtung der Zug des Oberſchenkels nach oben verhindert werden muß. Keineswegs aber dient etwa das runde Band dazu, den Kopf des Femur in der Pfanne aufrecht zu erhalten. Beide Bänder beſchränken zugleich die Adduction der Schenkel, ſobald das Hüftgelenk geſtreckt iſt, geſtatten aber, wenn dieſes nicht Statt findet, eine größere Annäherung und Durchkreuzung beider Füße. Hierdurch machen ſie das Gehen möglich, weil wir ſonſt, wie ſich in der Folge ergeben wird, bei dem Emporheben des einen Fußes nach der Seite deſſelben hin umfallen müßten.

Die Normalverhältniſſe ſetzen voraus, daß beide Hüftgelenke in derſelben Höhe ſtehen. Befindet ſich dagegen das eine nicht in demſelben Niveau wie das andere, ſo muß eine Verkürzung derjenigen Extremität, deren Pfanne höher liegt, reſultiren. Wir ſehen daher auch häufig, daß z. B. rhachitiſche oder buckelige Perſonen mit ungleich verbogenem Becken lahm gehen, ohne daß der Grund ihres Hinkens unmittelbar in ihren Extremitäten liegt. In den letzten Stadien der Coxarthrocace, wo der Schenkelkopf ausgerenkt und auf die Außenfläche des Darmbeines geſchoben wird, reibt ſich dieſer allmählig ab und glättet ſich eine unvollſtändige Pfanne aus, die ſich noch bisweilen durch Knochenablagerungen in der Umgebung ergänzt. Der Schenkelhals wird häufig kürzer, die Trochanteren ebener. Ueberhaupt entſtehen mannichfaltige Veränderungen, je nachdem das Glied paſſender oder ſtärker gebraucht wird, oder nicht. Da aber auch hier das neue Gelenk bedeutend höher als das geſunde ſteht, ſo muß auch die kranke Extremität dergeſtalt verkürzt ſein, daß ſie kaum mit den Zehenſpitzen den Fußboden zu berühren vermag, oder ſelbſt dieſes nicht auszuführen im Stande iſt.

Die erſten Erſcheinungen des freiwilligen Hinkens charakteriſiren ſich dadurch, daß die kranke Extremität nicht, wie ſpäter, nach geſchehener Ausrenkung aus der Pfanne verkürzt, ſondern verlängert iſt, d. h. daß der Abſtand der Crista anterior superior ossis ilei von der Ferſe an der leidenden Seite größer ausfällt als an der geſunden. Neuere Schriftſteller (W. und Ed. Weber[3]), Gaedechens) haben dieſes mit dem luftdichten Verſchluſſe des Hüftgelenkes in Beziehung gebracht. Häuft ſich nämlich zwiſchen der Concavität der Pfanne und der Convexität des Schenkelkopfes mehr Synovia oder eine andere Ausſchwitzungsflüſſigkeit in bedeutenderem Maaße an, ſo muß dieſer herabgedrängt und die Extremität verlängert werden. Im Anfange tritt daher auch das Zeichen mehr bei dem Liegen als bei dem Stehen hervor. Mittel, welche die Aufſaugung befördern oder die Muskeln zu energiſcheren krampfhaften Zuſammenziehungen

---

[1]) W. und Ed. Weber a. a. O. S. 139. [2]) a. a. O. S. 145 Taf. II. Fig. 1.
[3]) a. a. O. S. 154.

anregen, können zur Milderung oder Beſeitigung ſolcher Verhältniſſe beitragen. Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß ein ſolches, durch die Erfahrungen der pathologiſchen Anatomie noch ferner zu prüfendes Theorem auf die übrigen luftdicht ſchließenden Gelenke übertragen zu werden vermag.

871 Die Muskeln, welche auf das Hüftgelenk wirken, haben häufiger als andere Muskeln die Gelegenheit, in doppelter Richtung ihrer Thätigkeit aufzutreten; einerſeits nämlich bei fixirten Oberſchenkeln das Becken und mit dieſem den Oberkörper, wie z. B. bei dem Stehen, Bücken, Sitzen u. dgl. zu wenden oder anderſeits von dem Becken aus auf den Oberſchenkel ſelbſt ihren Einfluß auszuüben. Bei einer großen Zahl von ihnen wird die Vielſeitigkeit ihrer Wirkung noch dadurch vergrößert, daß ſie am Becken entſpringen und ſich bis zum Unterſchenkel erſtrecken. Sie arbeiten daher unmittelbar für den Rumpf und nicht nur für ein, ſondern zwei Glieder der Beine. In dieſe Kategorie gehören der Rectus femoris, Semitendinosus, Semimembranosus, der lange Kopf des Biceps femoris, der Sartorius und der Gracilis.

872 Bei irgendwie fixirten Oberſchenkeln kann das Becken und mit ihm der Rumpf nach vorn gebeugt, nach hinten geſtreckt, nach der einen Seite geneigt oder abducirt, oder ſo nach innen gedreht werden, daß ſich diejenige Seite, an welcher die Einwärtsroller thätig ſind, nach vorn und zum Theil nach innen, die entgegengeſetzte aber nach hinten und außen wendet. Die Beugung erfolgt vorzugsweiſe durch den ſogenannten Flexor femoris, d. h. durch den Psoas major und Iliacus internus, welche beiden Muskeln noch durch den Rectus femoris, den Pectineus, den Adductor longus und brevis, ſowie den obern Theil des Adductor magnus und den Sartorius, vielleicht ſelbſt durch den Tensor fasciae latae und ſogar in Einzelfällen durch den Glutaeus minimus und medius unterſtützt werden können. Die Streckung beſorgen die Glutaei maximus und medius und zum Theil der minimus, welchen noch der untere Theil des Adductor magnus, der Semitendinosus, Semimembranosus, der lange Kopf des Biceps femoris und zum Theil der Iliacus externus s. Piriformis, der Quadratus femoris und Obturator internus helfen können. Die rein ſeitliche Neigung des Beckens beſorgen die Musculi Glutaeus medius und minimus und der Obturator externus. Wird zu gleicher Zeit der Rippenkorb derſelben Seite herabgezogen und die Bauchwand concav gemacht, ſo betheiligen ſich hierbei der Quadratus lumborum, die Obliqui adscendens und descendens und zum Theil der Transversus und Rectus abdominis. Dreht ſich der Oberkörper, ſo ziehen ſich an derjenigen Seite, welche nach vorn und innen gebracht wird, der Glutaeus maximus, die Gemelli, der Piriformis, Obturator internus, Quadratus femoris und vielleicht der Innentheil des Iliacus internus, die obere Parthie des Adductor magnus und der Sartorius, an der entgegengeſetzten aber die vordere Parthie des Glutaeus medius, der Obturator internus, Pectineus und Adductores longus und brevis zuſammen.

873 Bildet das Becken den feſten Punkt, ſo beugt ſich der Oberſchenkel durch den Psoas major und Iliacus internus. Hierbei können ſich aber

noch die Adductores longus und brevis, die obere Portion des Adductor magnus, der Pectineus und zum Theil der Sartorius, Rectus femoris und Tensor fasciae latae betheiligen. Die Strecker des Hüftgelenkes bilden die Glutaei und zwar vorzüglich der Glutaeus maximus. Als mitwirkende Muskeln vermögen hier der Obturator internus, das Caput longum Bicipitis, der Semitendinosus, Semimembranosus und Gracilis zu erſcheinen. Die Adductores femoris longus, brevis und magnus, der Pectineus und Obturator internus, ſowie zum Theil die untere Parthie des Glutaeus maximus ziehen den Schenkel gerade nach innen, der ganze Glutaeus maximus oder nur der obere Theil deſſelben, die Glutaei medius und minimus, der Tensor fasciae latae und zum Theil der Piriformis dagegen nach außen. Als Einwärtsroller arbeiten der vordere Theil des Glutaeus medius und der Tensor fasciae latae, als Auswärtsroller die Obturatores internus und externus, der Quadratus femoris, die Gemelli, der Piriformis, ſowie die Glutaei minimus und maximus und der hintere Theil des Glutaeus medius. Bei dem Ueberſchlagen eines Oberſchenkels über den anderen oder des Kniegelenkes deſſelben combiniren ſich die Thätigkeiten der vorzüglichſten Beuger, nämlich des Psoas major und Iliacus internus mit denen der Anzieher, d. h. der drei Adductoren, des Pectineus und Obturator internus und vielleicht auch des Sartorius und Gracilis.

Das Kniegelenk iſt zwar ebenfalls zur Beugung und Streckung, ſo- 874
wie zur Pronation und Supination geeignet. Allein während dieſe beiderlei Bewegungen an der Hand gleichzeitig eintreten können, beobachten ſie hier ein gewiſſes umgekehrtes Verhältniß. Sowie nämlich die Streckung einen bedeutenderen Grad erreicht, hört die Drehung auf, und umgekehrt iſt dieſe um ſo eher geſtattet, je mehr ſich das Knie in ſtarker Flexion befindet. Die Zurückſetzung der Rotation auf Koſten der Extenſion aber hängt mit der Thätigkeit des Beines, als Stütze zu dienen, innig zuſammen. Soll dieſe eine hinreichende Feſtigkeit darbieten, ſo darf das Kniegelenk weder nach rechts, noch nach links ausweichen. Jede Seitenbewegung bedingte eine Unſicherheit der Stellung. Iſt dagegen die Extremität minder belaſtet und daher auch nicht vollſtändig geſtreckt, ſo vermag der Unterſchenkel ebenfalls des Vortheils zu genießen, ſich in beſchränktem Maaße ſeitlich zu wenden. Jener eigenthümlichen Stützfunction des Beines wegen bildet auch die ſtarke Tibia den Pfeiler, der ſowohl am Knie- als am Fußgelenke den eingelenkten Theil darſtellt.

Keine der Bewegungen des Kniegelenkes wird durch die Kapſelmem- 875
bran irgendwie beſtimmt oder beſchränkt. Dagegen ſtehen die Seitenbänder und die Kreuzbänder in einem genauen gegenſeitigen Verhältniſſe. Bei geſtreckter Lage vollführen die Ligamenta lateralia vorzugsweiſe die Hemmung. Die Kreuzbänder dagegen beſchränken dieſelbe nur in geringem Grade. Schneidet man die letzteren durch, ſo nimmt zwar die Streckung noch etwas zu; das Glied bleibt aber bei ſeiner Extenſion noch faſt eben ſo feſt, als es früher war, ſchlottert dagegen bei der Flexion. Das umgekehrte Reſultat erhält man nach Trennung der Seitenbänder bei Inte-

grität der Kreuzbänder. Hier behält das Gelenk ſeine Stellung in gebogener, verliert ſie aber in geſtreckter Lage (W. u. Ed. Weber)[1].

Bei ſtärkſter Extenſion, wenn Ober- und Unterſchenkel ſenkrecht über einander ſtehen, ſind die beiden Seitenbänder wie Anzugsſeile ſtraff angeſpannt. Sie verhindern daher jede Drehung. In der Flexion dagegen erſchlaffen ſie, und zwar in ungleichem Maaße, ſo daß das Ligamentum laterale internum ſtraffer bleibt als das externum. Es kann ſich auf dieſe Weiſe der Condylus externus um den Condylus internus in beſchränktem Maaße drehen. Die Pronation und Supination wird daher auf ſolche Art möglich. Jene ungleiche Thätigkeit der Seitenbänder aber harmonirt zugleich mit den Verhältniſſen der Kreuzbänder. Hat man nämlich an einem Kniegelenke die Kapſelmembran nebſt den Seitenbändern entfernt, ſo ſieht man, daß die Rotation nach außen, gegen die Seite der Fibula hin ſchon durch die Kreuzbänder ſelbſt und zwar zuerſt durch das vordere und unmittelbar darauf auch durch das hintere beſchränkt wird. Dreht man dagegen die Tibia nach innen, ſo wickeln ſich die Kreuzbänder ab, verlieren ihre Decuſſation und hemmen erſt dann, wenn der innere Condylus des Oberſchenkels auf dem hintern Theile der äußeren Gelenkvertiefung des Tibia ruht, d. h. wenn ungefähr ein Bogen von 110° oder 120° beſchrieben worden. Es muß daher das Ligamentum laterale internum ſelbſt bei der Beugung früher eingreifen, um die ſtärkere ſonſt mögliche Rotation nach innen zu reguliren, während daſſelbe für die Drehung nach außen ſchon von ſelbſt durch die Kreuzbänder geſchieht. Die letzteren aber ſchreiben den Condylen des Oberſchenkels ſowohl bei der Beugung als der Streckung den Weg vor und zwingen den inneren auf der inneren Gelenkvertiefung des Tibia zu ſchleifen, den äußeren auf dem äußeren Condylus Tibiae zu rollen (W. u. Ed. Weber). Die halbmondförmigen Knorpel folgen den Bewegungen der Oberſchenkel und wirken als elaſtiſche Einlageplatten, welche den Druck vertheilen und mildern und gleich einer Preßfeder das Wackeln der Knochen verhindern. Die Kniescheibe endlich bildet einen knöchernen verſchiebbaren Deckel, welcher das Kniegelenk von vorn ſchützt und es befähigt, auch von hier aus bedeutendere Druckgrade auszuhalten.

876 Iſt der Oberſchenkel befeſtigt, der Unterſchenkel dagegen frei beweglich, ſo kommt die Beugung des erſteren durch den Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus und Popliteus, ſowie vielleicht auch den Sartorius, die Streckung dagegen durch den Rectus femoris, die Vasti internus und externus und Cruralis (und ebenfalls vielleicht den Sartorius (Theile)[2]) zu Stande. Semitendinosus (Sartorius), Gracilis und Popliteus drehen den Unterſchenkel nach innen, der Biceps femoris dagegen nach außen. Steht der Fuß feſt und wird die Ferſe bewegt, insbeſondere emporgehoben, ſo flectiren die beiden Köpfe des Gastrocnemius den Oberſchenkel.

877 Der Fuß kann zwar ebenfalls gegen den Unterſchenkel gebeugt und geſtreckt, adducirt und abducirt und zum Theil gedreht werden; allein

[1]) a. a. O. S. 179. [2]) Theile a. a. O. S. 323.

dieſe verſchiedenartigen Bewegungen vertheilen ſich hier auf mehrere Gelenke. Das Sprungbein liegt zwiſchen dem innern Knöchel der Tibia und dem äußern der Fibula eingekeilt, ſo daß hierdurch jede Seitenbewegung größtentheils gehemmt iſt. Dagegen ſpielt die Concavität des Schienbeines auf der entſprechenden Convexität des Talus ganz frei von vorn nach hinten, ſo daß hierdurch die Flexion und Extenſion zu Stande zu kommen vermag. Indem aber der äußere Knöchel tiefer hinabſteigt als der innere und das von dem Malleolus internus ausgehende Ligamentum deltoides s. laterale internum ſchlaffer, als die Ligamenta talo-fibularia anterius und posterius mit dem dazwiſchen liegenden am Calcaneus auslaufenden Ligamentum triquetrum iſt, wird auch eine geringe Drehung nach innen möglich gemacht. Der Talus geht dabei bei der Einwärtsrollung mit ſeinem Innenrande etwas nach innen und hinten. Die Adduction und Abduction dagegen kommt, vorzüglich wenn das Sprungbein auf dem Ferſenbeine z. B. durch die Laſt des Körpers bei dem Stehen feſtgeſtemmt iſt, durch die Gelenkverbindung des Talus mit dem Os naviculare und des Calcaneus mit dem Os cuboideum zu Stande. Dieſe Verſchiebung vermag ſich mit der ſchwächeren im Sprungbein-Knöchelgelenke zu ſummiren und ſchon ſo bedeutender auszufallen. Sie wird aber dadurch vergrößert, daß die übrigen Fußwurzel-, die Metacarpus- und die Zehenknochen als angeſetzte Radien den Ausſchlag erhöhen. Bei der Drehung des Fußes um ſeine Längenachſe, ſo daß der äußere Fußrand emporgehoben wird, betheiligen ſich das Gelenk zwiſchen Talus und Calcaneus mit einer geringen und vielleicht ſelbſt nicht immer erforderlichen horizontalen Verſchiebung, insbeſondere aber die Verbindung zwiſchen dem Sprungbeine und dem Kahnbeine und die zwiſchen dem Ferſenbeine und dem Würfelbeine, indem ſie von unten und außen nach oben und innen gegen einander gleiten. Bei großer Beweglichkeit wird auch noch eine Mitwirkung der Articulation zwiſchen dem Os naviculare und den Ossibus cuneiformibus angenommen [1]).

Die Fußwurzelknochen bilden mit den Mittelfußknochen ein nach au- 878
ßen niedrigeres, nach innen höheres Gewölbe, in deſſen Concavität die verſchiedenen Bänder, Sehnen und Muskeln ſowohl ihren Platz, als ihren Schutz finden. Dieſe Einrichtung gewährt überdies noch den weſentlichen Nebenvortheil, daß der Fuß bei dem Stehen mit einer bedeutenden Menge von Punkten den Boden berühren und auf dieſe Weiſe die Grundbedingung einer feſten Stellung, die Reibung vergrößern kann, ohne zugleich an Federkraft zu verlieren. Der äußere kleinere Bogen, welcher den Calcaneus, das Os cuboideum und die Muskelfußknochen der vierten und fünften Zehe umfaßt, wird unten vorzüglich durch die Ligamenta calcaneo-cuboideum und Calcaneo-metatarseum (den Außenrand der Fascia plantaris), der größere dagegen durch die übrigen Ligamenta tarso-metatarsea plantaria zuſammengehalten. Während auf dieſe Weiſe der Tarſus und der Metatarſus ein Ganzes bilden, befinden ſich zwiſchen den

[1]) Krauſe a. a. O. S. 343.

Metatarſusknochen und den erſten Zehengelenken Arthrodien, von denen die beiden äußerſten, welche der vierten und fünften Zehe angehören, die größte Beweglichkeit beſitzen [1]). Hierdurch kann der Fußballen in bedeutendem Maaße gehoben werden, ohne daß ſich hierbei die Zehen ſelbſt zu betheiligen brauchen. Die letzteren aber beſitzen in ihren Phalangen die gleiche Beweglichkeit wie die Finger. Obgleich ſie nur ausnahmsweiſe zum Greifen dienen (§. 46), ſo gewährt ihnen doch dieſe Einrichtung den Vortheil, daß ſie ſich mit ſehr vielen Punkten an den Boden anſchmiegen können. Da der auf dem Ballen erhobene Fuß ſeinen Hauptſtützpunkt innen hat, ſo ſind nicht nur der Metatarſus- und die Phalangenknochen der großen Zehe viel ſtärker, ſondern es exiſtiren auch an dem Köpfchen dieſes Metatarſusknochens zwei Seſambeinchen, zwiſchen denen die Sehne des Flexor hallucis hindurchgeht, ſowie ein drittes am Ende des erſten Gliedes der großen Zehe. Dieſe bilden unabhängige Unterlagsſtücke, welche die Reibung und Fixation des Fußes am Boden vergrößern. Aehnliche Zwecke hat das an den Tuberosis ossis cuboidei vorhandene acceſſoriſche Seſamſtückchen.

879 Schwebt der Fuß frei, ſo wird derſelbe durch den Tibialis anticus und den Peroneus tertius mit oder ohne die Unterſtützung des Extensor digitorum pedis communis und des Extensor hallucis longus gebeugt und durch den Gastrocnemius, Soleus, Plantaris, mit oder ohne Beihülfe des Tibialis posticus, Peroneus longus und brevis und Flexor hallucis longus geſtreckt. Steht er dagegen feſt, indem die Laſt des Körpers theilweiſe oder gänzlich auf ihm ruht, ſo neigen die genannten Flexoren den Unterſchenkel nach vorn und unten, während ihn die Extenſoren wieder gerade nach hinten und oben ſtellen. Nur der Gastrocnemius, der mit ſeinen beiden Köpfen über zwei Gelenke hinweggeht, beugt zugleich, wie ſchon erwähnt wurde, den Oberſchenkel. Die Adduction des Fußes verſieht der Tibialis posticus, die Abduction dagegen beſorgen die Peronei longus und brevis durch ihre gemeinſame Thätigkeit. Als Pronatoren, ſo daß der innere Fußrand nach innen und oben geſtellt wird, arbeiten die Tibiales anticus und posticus, als Supinatoren die drei Peronei, nämlich der longus, brevis und tertius. Der äußere Fußrand ſteigt hierbei mehr oder minder empor, während ſich der innere ſenkt. Auf die letztere Bewegung übt vorzüglich der lange Wadenbeinmuskel einen bedeutenden Einfluß aus. Der Transversalis plantae kann der Abplattung des Fußes z. B. bei zu langem Stehen entgegenwirken.

880 Die Beugung des erſten Gliedes der großen Zehe beſorgt der Flexor hallucis brevis mit oder ohne die Zuſammenziehung des Adductor hallucis. Jedoch kann dieſe auch ſecundär durch die Thätigkeit des Flexor hallucis longus, welcher auf beide Glieder wirkt und zugleich die zweite Zehe zum Theil nach ſich zieht, eintreten. Den Antagoniſten bildet hierbei der Extensor hallucis longus. Die Adduction beſorgt der Adductor, die Abduction der Abductor hallucis. Die erſten Glieder der vier

---

[1]) W. und Ed. Weber a. a. O. S. 212.

äußeren Zehen werden durch die Lumbricales, die zweiten durch den Flexor digitorum communis brevis, und die äußersten durch den Flexor communis digitorum longus nebſt der Caro quadrata Sylvii gebeugt. Entgegengeſetzt wirken dann die Extensores digitorum longus und brevis. Die beſondere Beugung der kleinen Zehe können noch der Abductor und und der Flexor brevis digiti quinti übernehmen. Während aber der erſtere Muskel zugleich als Abzieher wirkt, beſteht die vorzüglichſte Thätigkeit des letzteren darin, den entſprechenden Theil des äußeren Fußrandes nach unten und innen zu ziehen. Die Adduction der zweiten Zehe beſorgt der Interosseus internus s. simplex primus, die der dritten der Interosseus internus secundus, die der vierten der Interosseus internus tertius und die der kleinen Zehen der Interosseus internus quartus. Die Abduction der zweiten Zehe dagegen verſieht der Interosseus externus s. biceps primus, die der dritten der Interosseus externus secundus, die der vierten der Interosseus externus tertius und die der kleinen Zehe der Abductor digiti minimi, welchen letztern Muskel der Peroneus brevis noch unterſtützen kann.

Um die Ueberſicht der Muskelwirkungen, welche bei den verſchiedenen Stellungen ſowohl geſunder unterer Extremitäten, als verkrümmter oder ſonſt kranker in Anſpruch genommen werden, folgt hier wiederum eine ähnlich eingerichtete Ueberſichtstabelle, wie die iſt, welche §. 866 für den Arm gegeben worden.

Theil.	Muskeln.	Bewegung der in der zweiten Columne genannten Muskeln.	Antagoniſten der in der zweiten Columne verzeichneten Muskeln.
Becken.	Psoas major und Iliacus internus. (Rectus femoris, Pectineus, Adductor longus und brevis, oberer Theil des Adductor magnus, Sartorius.) (Tensor fasciae latae.) (Glutaeus minimus und medius.)	Beugung.	Glutaei maximus, medius und zum Theil minimus. (Unterer Theil des Adductor magnus, Semitendinosus, Semimembranosus, Caput longum Bicipitis.) (Piriformis s. Iliacus externus, Quadratus femoris, Obturator internus.)
	Glutaei medius und minimus und Obturator externus. (Quadratus lumborum, Obliqui abdominis descendens und adscendens, Transversus und Rectus abdominis.)	Seitliche Neigung.	
	Glutaeus maximus, Gemelli, Piriformis, Obturator internus und Quadratus femoris (Innentheil des Iliacus internus, obere Parthie des Adductor magnus und Sartorius.) der einen Extremität.	Drehung nach vorn und innen.	Glutaeus medius, Obturator internus und Adductores longus und brevis der entgegengeſetzten Extremität.
Oberſchenkel.	Psoas major und Iliacus internus. (Adductores longus und brevis, obere Por-	Beugung.	Glutaei, vorzüglich der Glutaeus maximus, Obturator internus, Caput longum Bicipi-

Theil.	Muſkeln.	Bewegung der in der zweiten Columne genannten Muſkeln.	Antagoniſten der in der zweiten Columne verzeichneten Muſkeln.
	tion des Adductor magnus, Pectineus.) (Sartorius, Rectus femoris, Tensor fasciae latae.)		tis, Semitendinosus, Semimembranosus, Gracilis.
	Adductores femoris longus, brevis und magnus, Pectinaeus, Obturator internus. (Untere Parthie des Glutaeus maximus.)	Adduction.	Obere Parthie des Glutaeus maximus oder der ganze Muſkel, Glutaei medius und minimus, Tensor fasciae latae und zum Theil Piriformis.
	Vorderer Theil des Glutaeus medius, Tensor fasciae latae.	Drehung nach innen und vorn.	Obturatores internus und externus, Quadratus femoris, Gemelli, Piriformis, Glutaei maximus und minimus und hinterer Theil des Glutaeus medius.
Unterſchenkel.	Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus, Popliteus. (Caput externum und internum Gastrocnemii.) (Sartorius.)	Beugung.	Rectus femoris, Vasti externus und internus, Cruralis (Sartorius).
	Semitendinosus, Gracilis, Popliteus. (Sartorius.)	Drehung nach innen oder Pronation.	Biceps femoris.
Fuß.	Tibialis anticus und Peroneus tertius. (Extensor digitorum pedis communis longus und Extensor hallucis longus.)	Beugung des beweglichen Fußes oder Zug des Unterſchenkels nach vorn u. unten bei befeſtigtem Fuße.	Gastrocnemius, Soleus, Plantaris. (Tibialis posticus, Peroneus longus und brevis, Flexor hallucis longus und Flexor communis digitorum pedis longus.)
	Tibialis posticus.	Adduction.	Peroneus longus und brevis.
	Tibialis anticus und posticus.	Pronation u. Hebung des innern Fußrandes.	Peronei longus, brevis und tertius.
Große Zehe.	Flexor hallucis brevis oder Flexor hallucis longus. (Adductor hallucis.)	Beugung des erſten Gliedes.	Extensor hallucis longus und entſprechende Sehne des Extensor communis digitorum pedis brevis.
	Flexor hallucis longus.	Beugung beider Glieder.	
	Adductor hallucis.	Abduction.	Abductor hallucis.
Die vier äußeren Zehen.	Lumbricales. (Flexores digitorum communes longus und brevis.)	Beugung des erſten Gliedes.	Extensores digitorum communes longus und brevis.
	Flexor digitorum communis brevis. (Flexores digitorum communis longus.)	Beugung des zweit. Gliedes.	
	Flexor digitorum communis longus.	Beugung des dritten Gliedes	

Theil.	Muskeln.	Bewegung der in der zweiten Columne genannten Muskeln.	Antagoniſten der in der zweiten Columne verzeichneten Muskeln.
	Interosseus internus s. simplex I.	Adduction der zweiten Zehe.	Interosseus externus s. biceps I.
	Interosseus internus II.	Adduction der dritten Zehe.	Interosseus externus II.
	Interosseus internus III.	Adduction der vierten Zehe.	Interosseus externus III.
	Interosseus internus IV.	Adduction der kleinen Zehe.	Abductor digiti minimi (Peroneus brevis).
Kleine Zehe.	Wie bei den benachbarten drei Zehen und Abductor und Flexor digiti minimi brevis.	Beugung.	Wie bei den drei zunächſt angrenzenden Zehen.

Auch hier kann dann noch bei den Verkrümmungen des Fußes die Plantaraponeuroſe von Einfluß werden. Bei der krankhaften Biegung des Oberſchenkels im Hüftgelenke betheiligen ſich vorzüglich der Psoas major und Iliacus internus und bisweilen der Rectus femoris, Sartorius und Pectineus, bei der hier ſelten vorkommenden pathologiſchen Adduction der Pectineus (Dieffenbach) [1]), bei der anchylotiſchen Streckung des Kniegelenkes der Rectus femoris, Vastus externus und internus und cruralis, bei der Biegung deſſelben der Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus (und Popliteus), bei der Verbiegung nach außen (Genu varum, Säbelbein) der Semitendinosus Gracilis (und Popliteus), bei der nach innen (Genu valgum, Schemelbein) der Biceps femoris, bei dem einfachen Pferde- oder Spitzfuße die an die Achillesſehne ſich heftenden Gastrocnemius und Soleus und der Plantaris, bei dem complicirten außerdem nach Verſchiedenheit der Fälle die Tibiales, die Flexores digitorum, der Flexor hallucis longus, die Aponeurosis plantaris, bei dem Ferſenklumpfuße (Talipes calcaneus) der Tibialis anticus, Extensor communis digitorum, Extensor hallucis longus und Peroneus tertius, bei dem einfachen Klumpfuße der Tibialis anticus und posticus (und die Sehnen des Flexor und Abductor hallucis), bei dem Talipes varo-equinus mehr oder minder vorzugsweiſe die Muskeln der Achillesſehne, der Tibialis anticus und posticus, der Flexor brevis und Adductor hallucis, die Aponeurosis plantaris u. dgl., bei dem Valgus die Peronei, vorzüglich der longus und brevis, und bei dem Hohlfuße endlich der Tibialis posticus, Peroneus longus, Transversalis pedis, Abductor hallucis und die Aponeurosis plantaris. Siehe das Nähere bei Günther a. a. O., S. 335—365 und Dieffenbach a. a. O., S. 84 fgg.

Die Bogen, welche die einzelnen Theile der unteren Extremitäten 881
gegenſeitig beſchreiben können, weichen zum Theil auf eine ſehr weſentliche Weiſe von denen der entſprechenden Parthien der Arme ab. Die wichtigſten hierbei ſich ergebenden Reſultate ſind in der nachfolgenden Tabelle nach den Unterſuchungen von W. u. Ed. Weber, Krauſe und mir zuſammengeſtellt. Die Angaben von mir beruhen auf Studien, welche am Hüftgelenke von lebenden Menſchen, an dem Knie- und Fußgelenke dagegen an dem Leichname gemacht worden ſind.

[1]) J. F. Dieffenbach: Ueber die Durchschneidung der Sehnen und Muskeln. Berlin, 1841. 8. S. 139. 285.

Theil.	Hauptbewegung.	Nebenumſtände.	Maximalgröße der möglicher Weiſe beſchriebenen Bogen. W. u. Ed. Weber.	Krauſe.	Ich.
Oberſchenkel (Hüftgelenk).	Beugung und Streckung.	— — —	75° 5 96° 5 [1] an der Leiche 139° [2]	170-190°	165° 168° 177° 184°
	Beugung (nach vorn) allein.	Körper und Fuß im Anfange ſenkrecht auf dem horizontalen Fußboden.	—	130°	135°
	Streckung (nach hinten) allein.	Wie im vorigen Falle.	—	40—60°	42°
	Adduction und Abduction.	— — —	90°	80—120°	80—100°
	Adduction allein.	Gerade Bewegung des ſteifen Fußes nach innen, während die andere untere Extremität etwas nach hinten ſtand.	—	40—60°	40—50°
	Abduction.	Beide unteren Extremitäten, anfangs gerade neben einander.	—	40—60°	40—50°
	Drehung.	— — —	an der Leiche 51°	ungefähr 180°	175-190°
	Drehung nach innen.	Bei ſteifer Extremität an der großen Zehe gemeſſen.	—	etwas weniger als 90°	75° 80° 90°
	Drehung nach außen.	Wie im vorigen Falle.	—	90°	100°
Unterſchenkel (Kniegelenk).	Beugung und Streckung.	— — —	156° 166° 172°	150°	130° 145°
	Beugung bis zur rechtwinkeligen Stellung zwiſchen Ober- u. Unterſchenkel.	— — —	—	—	85° 90°
	Pronation und Supination.	Möglichſt ſtark gegen den Oberſchenkel gebeugter Unterſchenkel.	25° 39° 44°	10—20°	35° 45°
	Drehung nach innen.	Wie im vorigen Falle.	—	—	15°
	Drehung nach außen.	Desgl.	—	—	20° 30°
Fuß (Fußgelenk).	Streckung und Beugung.	Bei vollkommen befeſtigtem Unterſchenkel.	78°,2	70—75°	76°
	Streckung allein.	Desgl. die Fußſpitze gerade nach unten und hinten, die Ferſe nach vorn oben bewegt.	—	45—50°	42° 58°

[1]) W. u. Ed. Weber a. a. O. S. 111. [2]) a. a. O. S. 147.

Theil.	Haupt-bewegung.	Nebenumſtände.	Maximalgröße der möglicher Weiſe beſchriebenen Bogen. W. u. Ed. Weber.	Krauſe.	Ich.
	Beugung allein.	Die Fußſpitze nach oben, die Ferſe nach unten bewegt.	—	25°	18°
	Adduction und Abduction.	Des Talus im gebogenen Fußgelenke.	—	4°	—
	Desgl.	Des ganzen Fußes (mit Pronation und Supination verbunden).	42°	55°	53°
	Adduction allein.	Mit Supination verbunden.	—	35°	—
	Abduction allein.	Mit Pronation verbunden.	—	20°	—
	Rotation.	Horizontale Drehung.	20°,5	—	—

Wir können hiernach annehmen, daß der Oberſchenkel im Hüftgelenke um ungefähr zwei Rechte oder ſelbſt etwas mehr gebeugt und geſtreckt zu werden vermag. Hiervon kämen, wenn man die ſenkrechte Stellung als Ausgangspunkt annimmt, $^2/_3$ bis $^3/_4$ auf die Beugung und $^1/_3$ bis $^1/_4$ auf die Streckung. Er kann ungefähr um $^1/_8$ von vier Rechten adducirt und um eben ſo viel abducirt, um einen Rechten nach innen und etwa $^1/_9$ mehr nach außen gedreht werden. Die Beugung im Kniegelenke beträgt circa $^2/_5$ oder etwas mehr, die Drehung bei gebeugtem Knie $^1/_8$, die Beugung und Streckung des Fußes $^1/_5$ und die Abduction deſſelben $^1/_7$ eines ganzen Kreisbogens.

Wir ſind im Stande, den ganzen Körper ungefähr um 190° nach vorn, 140° nach hinten zu beugen und 180° nach jeder der beiden Seiten zu drehen. Bei der erſteren Bewegung betheiligen ſich der Kopf und der Hals mit 75°, die Hüftgelenke mit 70° und die Fußgelenke mit 20°, während das Uebrige durch die Wirbelſäule ergänzt wird. Bei der ſeitlichen Drehung kommen 78° auf Kopf und Hals, 30° auf die Lenden- und Rückenwirbelſäule, 60° auf die Hüftgelenke und 12° auf die Kniegelenke (Krauſe) [1]). 882

Geſammtbewegungen des Körpers. — Das Liegen erfordert gar keine oder verhältnißmäßig die geringſte Anſtrengung der Muskeln und der übrigen Weichgebilde des Menſchen. Sobald alle aufliegenden Punkte von dem Kopfe bis zur Ferſe unterſtützt ſind, ruht unſer Organismus wie jeder todte Körper auf ſeiner Baſis. Wir wählen daher ſolche Stellungen, wenn die Kräfte erlahmen und die Muskeln durch Erholung neue Kräfte ſammeln ſollen. Deshalb liegen wir, wenn wir krank ſind, im Schlafe, bei dem Ausruhen des geſammten Körpers u. dgl. Hier haben die unterſten Theile deſſelben den Druck der obern auszuhal- 883

[1]) Krauſe a. a. O. S. 469.

ten. Aus dieſem Grunde wird uns jede anhaltende unbewegliche Lage nach und nach ſchmerzhaft. Aus derſelben Urſache entſteht leicht ein Aufliegen des Geſäßes oder der Ferſe bei Typhus und ähnlichen Leiden, bei Knochenbrüchen u. dgl., ſobald beſonders die übrigen Ernährungsverhältniſſe ſolche krankhafte Geſchwürsbildungen begünſtigen.

884 Für die anderen Körperſtellungen bilden die Verhältniſſe des Schwerpunktes die Richtſchnur. Der des ganzen erwachſenen Menſchen fällt nach der Unterſuchung von Borelli [1]) in die Gegend zwiſchen dem Geſäße und der Schaam, nach den Meſſungen von W. u. Ed. Weber [2]) aber richtiger etwas höher, nämlich bei einer Totallänge des lebenden Menſchen von 1,669 Meter 8,77 Centimenter über der Drehungsachſe des Hüftgelenkes, 9,477 Decimeter über der Ferſe und 7,215 Decimeter unter dem Scheitel (§. 89). Das Gravitationscentrum des Kopfes, Rumpfes und der oberen Extremitäten liegt in dem Niveau des Schwertfortſatzes oder des unteren Endes des Bruſtbeines. Sind daher die oberen Theile weder nach der einen, noch nach der anderen Seite hin geneigt, ſondern gerade und ſymmetriſch geſtellt, ſo geht die Schwerlinie unſeres Körpers durch das Becken. Bei dem Stehen berührt ſie den Boden zwiſchen beiden Füßen oder die innere Hälfte desjenigen Fußes, welcher den größeren Theil der Körperlaſt trägt.

Wie man ſieht, verſetzt Borelli den Schwerpunkt des Geſammtkörpers etwas tiefer als W. und Ed. Weber. Um daher in Betreff dieſer abweichenden Angaben ein eigenes Urtheil zu gewinnen, beſtimmte ich an der theilweiſe noch warmen Leiche eines 34jährigen Faßbinders, der ſich Tags zuvor erhenkt hatte, das Gravitationscentrum. Ich bediente mich hierbei der von Borelli und Weber zum Theil gebrauchten Methode, daß ein Brett in der Mitte auf der ſcharfen horizontalen Kante eines prismatiſchen Klotzes balancirend aufgelegt wurde. Auf ihm befand ſich der Leichnam der Länge nach in vollkommen geſtreckter Lage. Die Hände waren ſymmetriſch über dem Schaamberge zuſammengebunden. Mittelſt einer Linie bezeichnete man die ſenkrechte Horizontalebene, durch welche der höchſte Punkt des Scheitels und eben ſo diejenige, durch welche die convexeſten Stellen der beiden Ferſen gingen. Der Unterſtützungspflock wurde nun ſo lange verſchoben, bis das Gleichgewicht hergeſtellt war, und alsdann die Linie, in welcher ſeine Kante das Brett berührte, bezeichnet. Hierauf wurde das Cadaver umgewendet, ſo daß die Horizontallinie des Scheitels auf die der Ferſen traf und wiederum das Balancement geſucht. Man erhielt ſo eine zweite Beſtimmung der dann Statt findenden Unterſtützungsſtelle und hatte, wenn man aus beiden das Mittel zog, einen Werth, der nicht durch die Ungleichheiten des Brettes unrichtig gemacht wurde.

Die Länge des ganzen Individuums, d. h. die Diſtanz der durch den höchſten Scheitelpunkt und die tiefſten Ferſenpunkte gelegten Horizontalebenen glich 1,617 Meter. Die Entfernung des Schwerpunktes vom Kopfe betrug 694 und von den Ferſen 923 Millimeter. Er fiel alſo ebenfalls bedeutend höher, als er nach Borelli's Angabe zu liegen kommen ſollte und ſtimmte recht gut mit den Reſultaten von W. u. Ed. Weber. Denn wir haben 1669,2 : 721,5 = 1617 : 698,94. Weber und ich differiren daher noch um keinen halben Centimeter. Dieſer geringe Unterſchied braucht nicht einmal von individuellen Verſchiedenheiten herzurühren, ſondern kann ſchon in der verſchiedenartigen Füllung der Verdauungswerkzeuge ſeinen Grund haben. Dagegen weichen zwei andere von mir erhaltene Werthe von denen von Weber ab. 1) Erhielten dieſe Forſcher für die Entfernung von der durch die beiden größeren Rollhügel gelegten Ebene 87,7 Millim.,

---

[1]) J. A. Borelli De motu animalium. Pars prima. Editio altera. Lugd. Bat., 1685. p. 167.

[2]) W. und Ed. Weber a. a. O. S. 115—117.

ich dagegen 111 Millim. 2) Beſtimmte ich die Diſtanz von dem Promontorium auf doppelte Weiſe. Ich ſchlug in diejenige Stelle des letzten Lendenwirbels, in deren Ebene der Schwerpunkt fiel, zwei Nägel ſenkrecht ein. Nachdem nun der Unterleib geöffnet worden, wurde eine Horizontalebene mittelſt eines ſteifen Drahtes herumgelegt und ſo die Diſtanz beſtimmt, welche von der Mitte der Durchgangslinie des Drahtes nach der des Promontorium Statt fand. Bei der zweiten Beſtimmung wurde von der Fußballenebene eine 923 Millimeter lange Linie gezogen und die Entfernung der letzteren vom Promontorium gemeſſen. Hierbei ergaben ſich 17½—18 Millimeter über dem letzteren. Wenn Gebrüder Weber nur 8,7 Millimeter angeben, ſo kann dieſes theils in individuellen Verſchiedenheiten, theils aber auch darin liegen, daß ſie die Verhältniſſe der lebenden Menſchen auf die eines gleich großen Skelettes nach annähernden Beſtimmungen übertrugen. Hierbei iſt man gewiß vor Täuſchungen nicht ganz ſicher geſtellt. Ueberdies aber können die Länge der Beine, die Größe und Neigung des Beckens und dergleichen Momente Abweichungen bedingen.

Die Horizontalebene, in welcher der Schwerpunkt lag, ging durch den letzten Lendenwirbel etwas unter den Querfortſätzen deſſelben und über den Cristis anterioribus superioribus ossium ilei durch. Sie befand ſich ungefähr 37 Millimeter unter dem oberen Rande des Nabels und circa 203 Millimeter unter dem unteren Ende des Schwertfortſatzes des Bruſtbeines.

Durch allmälige Uebergänge kommen wir aus der ſchiefen allſeitig 885
ruhenden Lage zum Sitzen. Zunächſt nämlich kann der Kopf allein unterſtützt bleiben, ſo daß die Strecker deſſelben in Anſpruch genommen werden müſſen, damit er nicht nach vorn überſinke. Wird dann die Wirbelſäule allmälig von oben nach unten frei, ſo treten die Extenſoren derſelben allmälig in Wirkſamkeit. Bei völlig aufrechtem Sitzen endlich müſſen noch die Glutaei, vorzüglich der maximus und medius, ſobald nämlich das Geſäß nur unten, nicht aber hinten gegen einen feſten Widerſtand anliegt, die Aufrechthaltung der Wirbelſäule begünſtigen. Kopf, Rumpf und obere Extremitäten ſtützen ſich hierbei auf das Becken, insbeſondere die Tubera ischii, und das Geſäß. Bei hinreichend breiter Unterlage erlangt dann dieſe Stellungsweiſe eine ſehr große Sicherheit. Die Reibung des Geſäßes oder der Kleider gegen die Unterlage bildet den Widerſtand, welcher das Ausgleiten verhindert.

Bei dem Stehen auf zwei Füßen ruht auf ihnen die Körperlaſt. 886
Sie ſelbſt aber halten ſie dann durch ihre Friction gegen den Boden feſt. Daher wir auch auf dem glatten Eiſe leichter fallen als auf der rauhen Erde. Keineswegs jedoch berühren in dieſem Falle alle Punkte der Fußſohle die Unterlage. Der Contact erfolgt vielmehr nur durch den Untertheil der Ferſe, die Haut unter den Endtheilen der Mittelfußknochen, vorzüglich der großen Zehe, den äußeren Fußrand und einzelne Punkte der gebogenen Zehen. Erſt bei längerem Stehen flacht ſich hierbei der Fuß ab. Er wird länger, breiter und weniger gewölbt. Dieſer longitudinalen Verſchiebung aber wirken der Abductor hallucis und der Abductor digiti minimi, der transverſalen die Interossei, der Adductor hallucis und der Transversus plantae möglichſt entgegen. Sollen wir auf beiden Füßen aufrecht und ganz feſt ſtehen, ſo muß die Schwerlinie die Horizontalen, welche durch die Hüftgelenke, die Kniegelenke und die Fußgelenke gelegt gedacht werden, halbiren.

Ein einſeitiges Stehen auf einem Fuße kann nicht auf die ſchon früher 887
(§. 89) geſchilderte Weiſe ohne Umſchlagen des Körpers längere Zeit

hindurch Statt finden. Dagegen vermögen wir beide Schenkel auf ungleiche Art mit unſerem übrigen Körper zu beſchweren, ohne daß hieraus eine Unſicherheit der Stellung reſultirt. Die Schwerlinie fällt dann nicht zwiſchen beide Füße, ſondern geht durch das Fußgelenk der ſtärker ſtützenden Extremität hindurch, während die andere nur mit einem Theile des Fußes, vorzüglich dem Ballen und den Zehen, den Erdboden berührt. Da dieſe Art des Stehens eine äſthetiſchere iſt und ihre Mängel leicht durch graciöſe Bewegungen der oberen Körpertheile contrebalancirt werden können, da wir uns mit kleinen Schwankungen des Körpers längere Zeit in dieſer Stellung erhalten, ſo wurde ſie und nicht die auf beiden Fußſohlen von Künſtlern und Phyſiologen (Leonardo da Vinci, Maiſſiat) als die naturgemäßere oder dem Ideale mehr entſprechende angeſehen.

888 Sollen wir ſicher ſtehen, ſo müſſen beide unteren Extremitäten oder eine derſelben den Oberkörper ſäulenartig unterſtützen. Die Laſt des letzteren darf weder das Hüft- und Fußgelenk nach vorn, noch das Kniegelenk nach hinten biegen. Es müſſen vielmehr der Ober- und Unterſchenkel faſt gerade über einander und ſenkrecht über dem Fuße fixirt ſein. Zunächſt könnte dieſes durch eine entſprechende Thätigkeit der Beuger und Strecker der genannten Gelenke erreicht werden. Die letzteren müßten verhältnißmäßig ſtärker arbeiten, würden aber von den Beugern gehemmt und momentan gehindert, das Maximum ihrer Thätigkeit zu entwickeln. Hieraus reſultirte dann jene beinahe grade Stellung, wie ſie zum ſicheren Stehen erforderlich iſt. Die primär thätigen Muskeln am Hüftgelenke wären daher die Glutaei, vorzüglich der Glutaeus maximus nebſt dem Obturator internus mit oder ohne Unterſtützung des langen Kopfes des Biceps, des Semitendinosus, Semimembranosus und Gracilis; die hemmenden Beuger dagegen der Psoas und Iliacus internus nebſt dem Rectus femoris mit oder ohne Unterſtützung der Abductoren, des Pectineus und des Tensor fasciae latae. Am Kniegelenke arbeiteten der Rectus, die Vasti externus und internus und der Cruralis als die beſtimmenden Strecker, der Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus, Popliteus und die beiden Köpfe des Gastrocnemius als die corrigirenden Beuger. Allein ein ſehr großer Theil dieſer Wirkungen wird den Muskeln ſelbſt dadurch abgenommen, daß das Ligamentum teres und das Ligamentum superius des Hüftgelenkes, ſowie die äußere ſtärkere Bandmaſſe der Fascia lata (die ſogenannte Fascia ilio-trochanterico-tibialis von Maiſſiat) zur feſten Haltung des Hüft- und Kniegelenkes beitragen. Es kann auf dieſe Art das Stehen länger ausgehalten werden, als wenn es immer jene ſtarke Zuſammenziehung der Beuger und Strecker des Hüft- und Kniegelenkes vorausſetzen müßte. Am Fußgelenke endlich ſind die Muskeln auf ein ſtärkeres Eingreifen angewieſen. Da der Fuß durch die Körperlaſt ſelbſt fixirt iſt, ſo halten einerſeits der Tibialis anticus und Peroneus tertius mit Beihülfe des Extensor digitorum pedis communis longus und des Extensor hallucis longus und anderſeits des Soleus und Plantaris mit Unterſtützung des Tibialis posticus, Peroneus longus und

brevis, Flexor digitorum pedis communis longus und Flexor hallucis longus den Unterſchenkel ſenkrecht über dem Sprungbeine. Jede ſeitliche Bewegung wird im Kniegelenke durch die Ligamenta lateralia und im Fußgelenke durch die beiden Knöchel nebſt den Seitenbändern unmöglich gemacht. Es wirken daher die behufs anderer Zwecke ſo beweglichen Theile des Beines als feſte Stützen, welche die Laſt des Oberkörpers mit Sicherheit tragen. Daß hierbei die Strecker der Wirbelſäule und des Kopfes in anhaltender Thätigkeit ſein und die beiden Arme wie ſeitlich aufgehängte gleiche Gewichte arbeiten müſſen, verſteht ſich von ſelbſt.

Schon W. und Ed. Weber[1]) deuten im Allgemeinen an, daß bei ganz normalem Stehen die Muskeln des Hüft- und Kniegelenkes durch die Bandapparate zu einem großen Theile entlaſtet werden. Am ausführlichſten aber ſuchte dieſes Maiſſiat nachzuweiſen. Er beſchreibt nämlich unter dem Namen der Fascia ilio-trochantero-tibialis eine ungefähr 4 bis 8 Centimeter breite fibröſe Maſſe, welche vor dem am meiſten nach außen vorſpringenden Theile der Crista ilei entſteht, ſenkrecht unter der Haut hinabgeht, den Trochanter major berührt, ſich längs des Oberſchenkels fortſetzt und ſich hier am Rande der Kniegelenkfläche zwiſchen der Tuberositas tibiae und dem Wadenbeine anheftet. Am großen Rollhügel ſind die Faſern derſelben ſehr innig verflochten. Von ihr erſtrecken ſich noch unterſtützende ſtärkere Bandſtreifen, welche ſich zum Theil mit der Sehne des großen Gefäßmuskels an den Hals und die ferneren Theile des Oberſchenkels befeſtigen. Bei dem Stehen wird daher die Fixation des Schenkelkopfes durch das Ligamentum teres, das Weber'ſche Ligamentum superius und die genannte Fascia ilio-trochantero-tibialis weſentlich erleichtert. Die letztere verhindert vorzüglich das Ueberſchlagen nach hinten oder außen und kann dann noch leicht durch den Tensor fasciae latae, welcher in dieſem Falle als wahrer Schenkelſpanner wirkt, unterſtützt werden. Aus dieſen Verhältniſſen ſucht auch Maiſſiat herzuleiten, daß die graciöſere Stellung auf einem Fuße, während der andere Fuß zum Theil aufgehoben iſt, wie ſie von Malern und Bildhauern ſo häufig gewählt wird, als die naturgemäßere betrachtet werden müſſe. Siehe das Nähere in: J. Maissiat, Etudes de Physique animale. Paris, 1843. p. 6—34.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß eine Erſchlaffung oder Zerſtörung der genannten Bandapparate, eine Schwäche oder Lähmung der Muskeln, Continuitätsverletzungen der unterſtützenden Knochen, Auftreibungen der Gelenkflächen derſelben u. dgl. das Stehen hindern bis unmöglich machen müſſen.

Das Stehen wird um ſo unſicherer, je mehr ſich die Berührungs- 889
punkte des Fußes mit dem Boden vermindern. Dieſes tritt daher z. B. ein, wenn wir uns mit emporgehobener Ferſe auf dem Ballen aufrecht halten wollen, wenn die Zehen oder ſie und der Mittelfuß u. dgl. fehlen. Wir gleiten alsdann auf glattem oder unebenem Boden oder ſelbſt auf guter Baſis bei nicht ganz günſtigen Stellungen leichter aus. Aehnliche ungünſtige Momente treten hervor, wenn der Fußboden zu ſchmal iſt, um eine hinreichende Unterlage zn gewähren, wie dieſes z. B. bei dem Gehen auf einem Seile der Fall iſt. Die Schwerlinie kommt hier ſehr leicht außerhalb der Baſis, und der Körper muß daher fortwährend balanciren, die Stellung der Arme zu gleichem Zwecke benutzen, oder ſich ſelbſt eine Balancirſtange zur Hand nehmen, um das Fallen zu vermeiden.

Vergl. §. 89, und J. T. Desaguliers Cours de Physique expérimentale. Traduit de l'Anglois par le R. P. Pezenas. Tome I. 1751. 4. p. 89. In dem letzteren Werke p. 274 fgg. ſind auch die verſchiedenen Stellungs- und Hebelverhältniſſe, durch welche angebliche Herculeſſe ſcheinbar ſehr bedeutende Krafteffecte ausüben, erläutert.

[1]) a. a. O. S. 144.

890 Schon bei dem aſymmetriſchen Stehen hat das eine Bein einen größeren Theil der Körperlaſt zu tragen als das andere. Das Gehen aber beſteht darin, daß abwechſelnd die eine untere Extremität den übrigen Körper ſtützt und momentan auf ſich balanciren läßt, während die andere vorſchreitet und bald darauf die Rolle des ſtützenden Beines übernimmt, um die des ſchwingenden der anderen Extremität zu überlaſſen. Hierbei tritt ein Augenblick ein, in welchem beide Beine den Fußboden berühren. Dieſes Moment verkleinert ſich um ſo mehr, je raſcher wir gehen. Es wird aber Null oder faſt Null, ſowie wir zu laufen beginnen. Denn dann hat ſich das ſtützende Bein ſchon emporgehoben, wenn das frühere ſchwingende den Boden berührt, um als Baſis des übrigen Körpers zu dienen.

891 Zergliedern wir zunächſt die äußeren Erſcheinungen des Gehens, wie ſie ſich der unmittelbaren Anſchauung kund geben, ſo finden wir, daß die Rollen beider unteren Extremitäten bei jedem Doppelſchritte vollſtändig mit einander abwechſeln. Jede arbeitet ein Mal als tragende Stütze und ein Mal als fortſchiebendes Stemmwerkzeug. Wenn z. B. das linke Bein in erſterer Beziehung functionirt, ſo bleibt es nicht von Anfang an vollkommen ſteif, ſondern wechſelt mit einer geringen Beugung und einer ſtarken Streckung ab. So lange nämlich die linke Seite des Oberkörpers weiter nach vorn, die rechte mehr nach hinten ſteht und der ſtützende Theil des Fußes vor dem von der Mitte des Schenkelkopfes gefällten Perpendikel liegt, tritt eine geringe Beugung der unterſtützenden Extremität ein, damit der Vorwärtsbewegung des Rumpfes keine Hinderniſſe in den Weg gelegt werden. Daß dieſes der Fall ſei, kann man leicht daraus erſehen, daß die genannte Drehung des Rumpfes, ſowie wir die linke Extremität von vorn herein vollſtändig ſtrecken, zwar ausführbar bleibt, jedoch beſchwerlicher wird. Während aber das vorſchreitende rechte Bein den Rumpf nach vorn ſchiebt, dreht ſich das linke im Fußgelenke auf entſprechende Weiſe von hinten nach vorn, ſtreckt ſich alsdann vollſtändiger und bereitet ſich ſo unmittelbar vor, um als ſtemmendes Werkzeug im nächſten Momente zu dienen.

Hierbei verlängert es ſich allmälig, die Extenſion erfolgt zuerſt im Knie- und hierauf im Fußgelenke; die Ferſe wird mit dem vor ihm liegenden Theile der Fußſohle emporgehoben, ſo daß ſich jetzt nur der Ballen gegen den Boden ſtemmt. Man hat dieſes letztere mit dem Abwickeln eines Rades von ſeiner Baſis verglichen und daher auch geradezu das Abwickeln der Fußſohle genannt. Allein ſtreng genommen iſt dieſer Vergleich nicht ganz anwendbar, weil nicht alle Punkte der Fußſohle wenigſtens immer ſucceſſiv mit dem Boden in Berührung treten und ſich von ihm entfernen. Richtiger dagegen wurde die Thätigkeit des Ober- und Unterſchenkels in dem genannten Momente des Gehens mit der der Speiche eines Rades paralleliſirt, durch welche die Laſt immer, was die Diſtanz von dem Hüft- bis zu dem Fußgelenke betrifft, faſt gleich hoch getragen werde. Jenes Abwickeln des Fußes aber gewährt den Vortheil, daß die Länge des Schrittes um ſo viel, als die Entfernung der Ferſe von dem Ballen beträgt, vergrößert wird.

892 Sobald auf dieſe Weiſe eine ſehr bedeutende Extenſion erreicht iſt

und das Bein ſeine Function als Stemmwerkzeug vollbracht hat, tritt es in das zweite Stadium ſeiner Thätigkeit, nämlich in das der Schwingung. Soll es aber nun von hinten nach vorn einen Bogen beſchreiben, ſo muß es ſich verkürzen, weil es ſonſt bei der Länge, die es jetzt hat, keinen geraden Bogen nach vorn, ſondern einen ſolchen nach außen, wie wir es z. B. in der That bei Leuten mit einem hölzernen Beine ſehen, bilden könnte. Es biegt ſich daher im Kniegelenke, ſo daß der tiefſte Punkt ſeines Bogens noch etwas über dem Boden zu ſtehen kommt.

Die Schwingung der Extremität nach vorn wird durch die phyſikaliſchen Verhältniſſe weſentlich erleichtert. Das Bein iſt nämlich im Hüftgelenke ſehr beweglich am Rumpfe aufgehängt und hat ſeinen Schwerpunkt in einer gewiſſen Entfernung von demſelben. Es muß daher bei dem geringſten Anſtoße die Neigung erhalten, ſich wie ein Pendel von ſelbſt zu bewegen. Hierdurch werden dann die Muskeln eines großen Theiles ihrer Wirkſamkeit entlaſtet und können momentan ausruhen, um ihre Kraft zu ſammeln. Dieſe Erholung bedingt es alsdann, daß uns das Gehen weniger ermüdet und wir daſſelbe ohne Erſchöpfung längere Zeit hindurch fortſetzen können. 893

Iſt der Zeitpunkt gekommen, in welchem das ſchwingende Bein hinreichend weit nach vorn liegt, ſo hemmen wir ſeine fernere Excurſion, welche eben ſo zwecklos als zeitraubend ſein würde, dadurch, daß wir daſſelbe ſtrecken und den Fuß auf den Boden aufſetzen. Der entſprechende Seitentheil des Rumpfes ſteht dann über ihm und vor der Seitenhälfte, welche der anderen Extremität correſpondirt. Das Bein, das eben ſeine Schwingung vollendet, beginnt auf die oben geſchilderte Weiſe als ſtützendes zu arbeiten. 894

Während eines einfachen Schrittes biegt ſich die eine Extremität, welche zuletzt auf dem Ballen ruhte, extendirt war und ſtemmte, nach vorn, macht ihre Schwingung, ſtreckt ſich und ſtützt ſich gegen den Fußboden. An der anderen Extremität fällt die ſchwache Flexion mit dem Anfange, die Extenſion mit dem übrigen Theile der Schwingung und das Abwickeln des Fußes mit der Streckung und dem Aufſetzen der ſchwingenden Extremität zuſammen. Während des zweiten einfachen Schrittes wechſeln die Rollen auf entſprechende Weiſe. Im Anfange deſſelben iſt immer dasjenige Bein, welches als ſtemmendes zu wirken beginnt, das vordere, das andere dagegen, welches ſeine Unterſtützung vollendet hat, das hintere. So lange das Gehen nicht zum Laufen wird, exiſtirt ein Moment, in welchem der Körper von beiden Beinen unterſtützt wird. Es erſcheint bei langſamem Gange der Zeit nach ungefähr halb ſo groß als dasjenige, während deſſen man auf einem Beine ſteht, und wird um ſo kleiner, je raſcher wir uns fortbewegen (W. und Ed. Weber) [1]. 895

Analyſiren wir nun die Muskelthätigkeiten, welche bei jedem Schritte in Anſpruch genommen werden, ſo müſſen zuvörderſt die Strecker des Rückens und des Kopfes den Oberkörper mehr oder minder gerade halten, 896

---

[1]) a. a. O. S. 40.

damit er nicht nach vorn überſinke und der Schwerpunkt außerhalb der Unterſtützungsfläche der Fußſohlen falle. An dem unterſtützenden Beine ſind die Strecker in Thätigkeit. Am Hüftgelenke arbeitet vorzüglich der Glutaeus maximus. Zum Theil der letztere und vorzüglich der Glutaeus medius und minimus mit oder ohne Hilfe des Piriformis und des Tensor fasciae latae, ſowie die Spannung der bei dem Stehen früher erwähnten bandartigen Gebilde balanciren das Becken und ſchützen den Oberkörper vor dem Umfallen nach der Seite des ſchwingenden Fußes. Am Kniegelenke wirken der Rectus femoris, Vastus externus und internus und Cruralis, am Fußgelenke der Gastrocnemius, Soleus und Plantaris mit oder ohne Beihilfe der an der Hinterſeite des Unterſchenkels gelegenen Muskeln. Die geringe Beugung des Kniegelenkes, welche im Anfange Statt findet, kann ſchon wahrſcheinlich dadurch bewirkt werden, daß der Gastrocnemius, indem die Ferſe befeſtigt iſt, mit ſeinen beiden Köpfen auf den Oberſchenkel wirkt, ſobald nur die Extenſoren irgend nachgeben. Iſt nun der Schwerpunkt des Oberkörpers von hinten nach vorn vorgerückt, ſo treten die genannten Strecker der ſtützenden Extremität, vorzüglich der Glutaeus maximus und der Extensor cruris in volle Wirkſamkeit. Der Gastrocnemius hat dann wieder, indem ſich der Körper nach vorn neigt und Ober- und Unterſchenkel ſtark extendirt ſind, ſeinen Ausgangspunkt am Femur. Das Bein wird auf dieſe Art vollkommen geſtreckt und die Fußſohle abgewickelt. Ueberdies können dann noch die Zehenbeuger das Anpreſſen der Zehen an den Boden unterſtützen. Wenn ſich nun aber das Bein anſchickt, als ſchwingendes zu wirken, ſo arbeiten vorzüglich am Hüftgelenke der Psoas major und Iliacus internus und am Kniegelenke der Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus und Popliteus, um bald darauf der eintretenden Wirkſamkeit der Strecker zu weichen.

897 Bei dem Rückwärtsgehen beginnt der Schritt damit, daß ſich die eine Extremität durch Beugung im Hüft- und Kniegelenke verkürzt, durch den Glutaeus maximus nach hinten gezogen wird, dieſe Bewegung durch ihre pendelartige Schwingung begünſtigt und ſich alsdann ſtreckt. Hierbei wird zuerſt der Ballen und alsdann die Ferſe auf den Boden aufgeſetzt. Der Gastrocnemius, Soleus und Plantaris ziehen mit Unterſtützung des Tibialis posticus, Peroneus longus und brevis, des Flexor hallucis longus und des Flexor digitorum pedis communis longus den Unterſchenkel, der Gastrocnemius, Popliteus und vielleicht der kurze Kopf des Biceps femoris den Oberſchenkel, die Glutaei medius und minimus das Becken nach hinten. Indem ſo der Oberkörper an dieſer Seite nach hinten gewendet wird, ſtreckt ſich die Extremität und nimmt die Körperlaſt auf ſich. Das andere Bein extendirt ſich im Knie- und Fußgelenke, bildet aber mit dem Becken einen nach vorn gerichteten ſtumpfen Winkel, ſchiebt die entſprechende Seite des Oberkörpers nach hinten und beginnt dann ebenfalls ſo eine Beugung und Schwingung [1]).

898 Bei dem Seitwärtsgehen wird die eine Extremität, indem ſie ſchwach

[1]) Vgl. Krauſe a. a. O. S. 473.

gebogen iſt, durch die obere Parthie des Glutaeus maximus und den Glutaeus medius und minimus abducirt und als ſtützendes Bein geſtreckt aufgeſetzt. Hierauf beugt ſich das andere Bein in mäßigem Grade und wird durch die Adductores ſemoris, den Pectineus und den Obturator internus gegen den erſteren Fuß hinübergezogen.

Wir verzichten bisweilen theils willkürlich, theils unwillkürlich, und 899
zwar in letzterem Falle krankhafter Verhältniſſe wegen, auf einzelne Vortheile, welche uns bei dem natürlichen Gange geboten ſind. Wenn wir z. B. auf den Zehen oder richtiger auf dem Ballen vorwärts ſchreiten, ſo ſtützen wir uns eine längere Zeit auf einer kleineren Oberfläche, welche einen geringeren Reibungswiderſtand hervorruft. Wir machen daher auch bei dem Aufſetzen des Fußes weniger Lärm, bewegen uns aber unſicherer und fallen daher leichter auf glattem, unebenem oder ſchiefem Boden und ſtrengen unſere Wadenmuskeln in bedeutenderem Maaße an. Das Gehen auf den Ferſen mit gleichzeitig geſtreckten Kniegelenken wird noch beſchwerlicher, weil dann die beſchränkte Unterſtützungsfläche nicht nur kleiner, ſondern auch einfacher, die Pendelſchwingung des Beines beſchränkter oder gänzlich aufgehoben, und die ſeitliche Neigung des Rumpfes vergrößert iſt.

Das **Laufen** bildet eine Combination des Gehens und des ſpäter zu 900
betrachtenden Springens, oder eines Ueberganges zu dem letzteren. Der Körper ſtützt ſich nicht mehr in jedem Augenblicke der Ortsveränderung gegen den Fußboden, ſondern ertheilt ſich von Zeit zu Zeit eine Projectionsbewegung, vermittelſt welcher er momentan in der Luft ſchwebt. Schon hierdurch entſteht, wenn es nicht abſichtlich auf unpaſſende Weiſe vollführt wird, eine Beſchleunigung des Fortkommens. Dieſes wird bei dem Gehen dadurch beſchränkt, daß jeder Schritt oder, genauer geſagt, jede halbe Spannungsweite eines Beines räumlich eine beſtimmte Grenze hat und zeitlich mindeſtens ſo lange anhalten muß, als eine halbe Pendelſchwingung der Extremität dauert. Bei dem Laufen wird das letztere Moment dadurch verkürzt, daß die Beine ſchon während der Projectionsbewegung zu ſchwingen anfangen. Die Diſtanz aber muß ſich vergrößern, ſobald die Projection eine bedeutendere horizontale Entfernung durchläuft. Vergeuden wir dagegen einen bedeutenden Theil des bei dem Laufen eingeſchalteten Sprunges nicht ſowohl auf die horizontale, als die ſenkrechte Wurfbewegung des Körpers, ſo verliert es hierdurch ſeinen weſentlichen Vortheil und kann ſelbſt ein langſameres Fortkommen als das Gehen bedingen. Man nennt daher auch das Laufen mit vorherrſchend horizontaler Bewegung den Eillauf, dasjenige aber, welches ſich mit einem ſtärkeren Höhenwurfe combinirt, den Sprunglauf (W. u. Ed. **Weber**)[1]).

Bei dem Gehen iſt derjenige Zeitraum, in welchem das Bein den 901
Oberkörper trägt, länger als der, in welchem es von dieſem getragen wird. Bei dem Laufen findet das Umgekehrte Statt. Wir haben hierbei drei abwechſelnde Zeiträume, einen längeren, in welchem die rechte Ex-

---

[1]) a. a. O. S. 61.

tremität ſchwebt und die linke unterſtützt, einen zweiten kürzeren, in welchem ſich beide Beine in der Luft befinden, und einen dritten, in welchem das linke ſchwingt und das rechte ſtützt. Wird das zweite Moment gleich Null, ſo läßt ſich zwiſchen Gehen und Laufen gar kein Unterſchied wahrnehmen. Bei dem Sprunglaufe dagegen iſt es größer als die beiden anderen zuſammengenommen. Jedes Bein vollführt dabei dreierlei verſchiedene Thätigkeiten. Denn es ſtemmt in einer erſten kurzen Periode, ſchwingt in einer zweiten längeren und berührt in einer kürzeren dritten den Boden, ohne zu ſtemmen (W. und Ed. Weber)[1]).

Um die das Laufen bedingenden Sprungbewegungen möglich zu machen, muß die Stemmung, d. h. die Extenſion, mit größerer Kraft vollführt werden. Die vorangehende Beugung iſt daher auch ſtärker als bei dem Gehen. Zu gleicher Zeit neigt ſich der Oberkörper mehr nach vorn, um die Wurfbewegung zu unterſtützen. Die Athmung kann dabei unvollkommener als ſonſt vollführt werden. Sie ſetzt deshalb den Laufbewegungen weit früher als die Erſchöpfung, welche durch die ſtärkere Muskelanſtrengung veranlaßt wird, eine Grenze.

902 Sowohl bei dem Gehen als bei dem Laufen können die im Schultergelenke aufgehängten Arme die Bewegung des Oberkörpers unterſtützen, indem ſie, ſobald nur der erſte Anſtoß durch die Neigung des Körpers und die Unthätigkeit gegenwirkender Muskeln oder durch den Impuls der ſich zuſammenziehenden Muskulatur gegeben worden, pendelartig ſchwingen. Bei ruhigem Gange wird dieſes Nebenmittel als unnöthig nicht erſt in Gebrauch gezogen. Bei ſchnellerem dagegen ſucht der Arm durch gleichzeitige Vorwärtsbewegung die Ortsveränderung der entſprechenden Seite des Rumpfes zu unterſtützen. Beide obere Extremitäten ſchwingen deshalb mehr oder minder abwechſelnd oder nach entgegengeſetzten Seiten und wirken ſo gewiſſermaßen als Balancirſtangen. Bei dem Laufen tritt dieſes in intenſiverem Maaße hervor. Um aber dann die Projectionsbewegung zu unterſtützen, biegt ſich der Arm im Ellenbogengelenke, ſobald er in ſeiner Schwingung nach vorn kommt, in ſtärkerem oder geringerem Maaße.

W. und Ed. Weber haben nicht nur in ihrer ſchon mehrfach erwähnten ausgezeichneten Mechanik der menſchlichen Gehwerkzeuge eine detaillirte Beſchreibung der einzelnen Acte des Gehens und Laufens, ſondern auch eine Reihe ausführlicher Meſſungen und eine mathematiſche Theorie dieſer Bewegungen geliefert. Wir heben im Folgenden die wichtigſten Zahlenreſultate dieſer Studien hervor, müſſen aber rückſichtlich der Einzelnheiten auf das genannte Werk ſelbſt, S. 227—380, verweiſen.

Was nun zuvörderſt die Neigung des Rumpfes bei dem Gehen und Laufen betrifft, ſo vergrößert ſie ſich, je mehr dieſe Bewegungen zunehmen, d. h. je mehr ſich die von dem Schwerpunkte nach der Achſenlinie beider Hüftgelenke gezogene Senkrechte nach vorn neigt. Sie betrug bei langſamem Gange 4°,9 bis 6°,6, bei dem ſchnellen Gehen 10°,9 bis 18°,6, bei dem Laufen endlich 34°,1 bis 42°,7. In einer zweiten Verſuchsreihe ergaben ſich für das Gehen 5°,7 bis 10°,0 und für das Laufen 7°,2 bis 22°,5. Sie ändert ſich nicht, ſo lange die Geſchwindigkeit dieſelbe bleibt, und bildet daher, wie an einer balancirten Stange eine Function des letzteren Momentes. Die verticalen Schwankungen des Mittelpunktes der Oberſchenkelköpfe oder des Rumpfes glichen bei 0,730 Meter langen Schritten und bei dem Auftreten mit dem ganzen Fuße 30 bis 35 Millimeter

---

[1]) a. a. O. S. 79.

und durchſchnittlich 31,66 Millim., bei dem mit der Ferſe dagegen 19 bis 22 Millim. und durchſchnittlich 21,00 Millim. Im erſteren Falle ſchwankte daher der Rumpf nach oben oder unten nur um 16 Millim., im letzteren um 10,5 Millim. Dazu kommt noch die acceſſoriſche Senkung, welche an dem ſtützenden Beine während der größten Streckung des anderen Statt findet. Rechnet man dieſe hinzu, ſo gleicht die Geſammtſenkung des Rumpfes bei dem Gehen auf dem ganzen Fuße 56⅔ Millim. und bei dem auf den Zehen 60 Millimeter [1]).

In dem Momente des Gehens, wo beide Beine den Fußboden berühren und das eine ſenkrecht unterſtützt, das andere dagegen geſtreckt iſt und ſtemmt, bilden beide Extremitäten zwei Seiten eines rechtwinkeligen Dreieckes und zwar die erſtere die größere Kathete, die letztere die Hypothenuſe deſſelben. Die Extenſion des ſtemmenden Beines, welche ſich natürlicher Weiſe mit der Größe des Schrittes vermehrt, kann hierbei dem möglichen Maximum ziemlich nahe kommen. Die durch ſie bewirkte Verlängerung betrug z. B. bei einer Schrittlänge von 0,607 Meter 0,081, bei einer ſolchen von 0,809 Meter durchſchnittlich 0,101 und bei einer von 0,850 Meter 0,111 der Größe deſſelben Beines, wenn es ſenkrecht unterſtützte. Das Maximum der möglichen Extenſion aber glich 0,139 des zuletzt genannten Werthes oder ungefähr ⅐ deſſelben. Wir ſehen alſo, daß die Streckung der ſtemmenden Extremität bei 0,850 Meter Schrittlänge nur um ⅕ kleiner als jener Maximalwerth ausfiel [2]). Die größte Schrittlänge aber, welche bei dem Gehen in Anwendung gebracht wird, gleicht ungefähr der halben Spannweite der beiden Extremitäten [3]). Bei dem Abwickeln des Fußes hebt ſich die Ferſe durchſchnittlich um 175,5 Millimeter [4]).

Indem das Bein zu ſtemmen aufhört und gebogen wird, ſchwingt es pendelartig nach vorn. Hierbei zeigt ſich das Geſetz, daß die Dauer eines Schrittes bei dem ſchnellſten Gehen faſt genau eben ſo lange währt, als eine halbe Pendelſchwingung derſelben Extremität. Bei einem Individuum z. B. glich die letztere durchſchnittlich 0,346, die Schrittdauer dagegen 0,332 Secunden. Jener Werth betrug im Mittel von 12 unterſuchten Individuen 0,3534, dieſer 0,3567 Secunden [5]). Je langſamer wir aber gehen, um ſo mehr überſteigt der Bogen des ſchwingenden Beines eine halbe Pendeloscillation. Es wird daher durch unnöthiges Vor- und Rückgehen der ſchwebenden Extremität Zeit verloren.

Bei dem Laufen kann die Schrittlänge bedeutend vergrößert werden. Die Schrittdauer dagegen ändert ſich nur wenig und gleicht ebenfalls ungefähr nur dem Zeitintervall einer halben Pendelſchwingung. Bei dem hier erſcheinenden Auftreten auf den Ballen, welches zu 0,230 Secunden oder etwas mehr angeſchlagen werden kann, beträgt ſie etwas weniger als bei dem Gehen, nämlich ſtatt 0,332 nur 0,323 Secunden. Die Hebung der Ferſe gleicht dann im Mittel 337,5 Millim. Die verticalen Schwankungen des Rumpfes fallen hier geringer aus und betragen nur ungefähr 20 Millimeter oder nach der Fallhöhe berechnet 21,8 Millim. Dafür wird die Streckung des ſtemmenden Fußes größer. Sie ſoll ſogar das Maximum der Extenſion bei ruhigem Stehen um 10 bis 15 Millimeter übertreffen können [6]). Bei der größten Geſchwindigkeit des natürlichen Laufens beträgt die Schrittdauer faſt ¾ von der bei dem ſchnellſten Gehen, während die Schrittlänge 2 Mal ſo bedeutend ausfällt. Die Geſchwindigkeit iſt circa 6½ Meter in der Secunde.

Bei dem Sprunglaufe macht der Körper größere verticale Schwankungen, als bei dem Eillaufe. Die ſtemmende Extremität bleibt hier von dem Momente an, wo ſie vertical ſteht, nur kürzere Zeit mit dem Boden in Berührung, weil ſie ſich bald ſtreckt, um die Projectionsbewegung des übrigen Körpers zu erzeugen, und dann beugt. Die Dauer der Schritte fällt bedeutend länger als bei dem Eillaufe, aber kleiner, als bei dem langſamen Gehen aus. Sie betrug bei einer mittleren Schrittlänge von 1,679 Meter 0,4396 Secunden.

Eine mathematiſche Theorie der Gangbewegungen findet ſich in der genannten Weber'ſchen Schrift S. 297—380. Eben ſo iſt auch die von Maiſſiat über das Gehen aufgeſtellte ausführliche Entwickelung in deſſen Etudes de Physique animale. Paris, 1843. 4. p. 35—173 zu vergleichen.

---

1) a. a. O. S. 233 und 243. 2) a. a. O. S. 245. 3) a. a. O. S. 239 u. 246.
4) a. a. O. S. 248. 5) a. a. O. S. 253. 254. 6) a. a. O. S. 291. 92.

903 Das **Springen** beſteht darin, daß wir unſerem Körper, welcher ſich auf einem nicht nachgiebigen Fußboden befindet, durch eine plötzlich ausgeübte Extenſion vorher flectirter Glieder eine Projectionsbewegung ertheilen. Die Richtung der letzteren entſpricht der Reſultirenden oder der Diagonale der Componenten, welche durch die Richtungsveränderungen der einzelnen Gelenke hervorgerufen werden. Sie geht daher vorzugsweiſe nach oben und außerdem entweder nach vorn oder nach hinten. Bei ganz vollkommenem Springen nach vorn ſtützen ſich zuerſt die Füße vorzugsweiſe mit dem Ballen auf den Boden. Die Gelenke des Fußes ſind nach vorn, die des Kniees nach hinten und die der Hüfte wiederum nach vorn gebogen. Die Wirbelſäule hält ſich nach vorn gekrümmt, der Kopf nach unten gewandt. Die Arme ſind im Schultergelenke etwas nach hinten gezogen, vorzüglich aber in den Ellenbogengelenken flectirt. Tritt nun die plötzliche Streckung ein, ſo überwindet dieſe die durch die Schwerkraft gegebene Fallrichtung nach unten. Der Körper ſchnellt um eben ſo viel empor, als die momentane Centrifugalkraft die Centripetalkraft der Gravitation überwiegt, und fällt dann durch die letztere getrieben wiederum herunter. Hierbei entſtehen dann Projectionsbewegungen nach vorn oder hinten, die ſich wechſelsweiſe aufheben und ſo eine Sprungrichtung, die ſchief nach vorn oder nach hinten oder nur gerade in die Höhe geht, bedingen. Da aber die Grundbedingung, nämlich die Ueberwindung der centripetalen Schwerkraft des Körpers, durch die centrifugale der ſtreckenden Muskeln, das Kniegelenk und zum Theil das Hüftgelenk allein vollführt werden kann, ſo ſind wir ſchon im Stande, uns in ziemlicher Höhe emporzuſchnellen, wenn ſelbſt das Fußgelenk gar keinen oder nur einen geringeren Antheil nimmt. Ebenſo wirken nur die bedeutenden Streckungen des Kopfes, der Wirbelſäule und des Ellenbogeus als Unterſtützungsmittel, welche bei leichteren Sprunggraden nicht erſt in Requiſition geſetzt werden. Ueberhaupt hängt hierbei Alles von den vorhergehenden Stellungen ab, die wir inſtinctmäßig den Gelenken ertheilen, um die beabſichtigte Wurfrichtung zu erzielen. Auf gleiche Weiſe benutzen wir bisweilen nur eine Extremität, um uns in die Höhe zu werfen.

Um uns zu einem bedeutenderen Sprunge, der zugleich nach vorn gehen ſoll, vorzubereiten, nehmen wir zuerſt einen Anlauf, d. h. wir verſtärken durch das Laufen die Neigung, uns nach vorn zu werfen. Ebenſo ſchreiten wir nicht ſelten während des Springens aus, um hierdurch noch die Sprungweite um ein gewiſſes Quantum zu vergrößern.

Eine ſchematiſche Darſtellung der Wurfrichtungen, welche bei dem intenſiven Sprunge durch die in entgegengeſetzten Directionen erfolgenden Streckungen des Knie- und Fußgelenkes reſultiren, giebt G. R. Treviranus in der Zeitschrift für Physiologie von F. Tiedemann, G. R. u. C. Treviranus. Bd. IV. 1832. 4. S. 82. Tab. V. Fig. 2. Dieſer Forſcher macht vorzüglich darauf aufmerkſam, wie die entgegengeſetzte Bewegung des Kniegelenkes die Winkelverhältniſſe des Fußes ſo ſtellt, daß das Vorherrſchen der Centrifugalkraft geſichert bleibt.

904 Bei dem **Kriechen** ſowohl als dem **Klettern** werden die vorderen Extremitäten als keine bloß ſecundären Hülfsmittel, ſondern momentan als wahre Hypomochlien des Körpers gebraucht, ſo daß der Gang mehr oder

minder an den der Vierfüßer erinnert. Ein Menſch, welcher kriecht, gebraucht abwechſelnd den einen Arm und das andere Bein als Unterſtützungswerkzeuge, während ſich der zweite Arm und das zweite Bein biegen und nach vorn begeben, um bald darauf als Unterlage des Körpers zu dienen. Da es aber hierbei zu keinen vollkommenen Streckungen kommen kann, ſo erfordert dieſe Gangweiſe mehr Zeit und iſt mit größerer Muskelanſtrengung verbunden. Eine andere Art des Kriechens bildet ein Klettern auf horizontalem oder ſchief anſteigendem Boden. Hierbei dienen zuerſt die beiden unteren Extremitäten als Stützen, während die beiden vorderen nebſt dem Rumpfe weiter nach vorn bewegt und dann auf den Boden aufgeſetzt werden. Im nächſten Momente klammern ſich dieſe mit ihren Händen an, gewinnen ſo feſte Haltpunkte und ziehen hierauf den Rumpf mit den unteren Extremitäten nach ſich. Dieſe Bewegungsweiſen treten dann ein, wenn die Arbeit der Füße allein nicht hinreicht und die Arme daher als Succurſale zu Hülfe gerufen werden müſſen, wie z. B. bei kleinen Kindern, bei Erwachſenen, welche ſich auf ſenkrechtem oder ſehr ſteil anſteigendem oder zu unſicherem Boden emporarbeiten wollen, bei ſehr verkrümmten oder gelähmten Perſonen, bei Individuen mit defecten Extremitäten u. dgl.

Das Gehen auf zwei Krücken bei bloßer Brauchbarkeit eines Beines kommt dadurch zu Stande, daß der Körper unter beiden Achſelhöhlen unterſtützt wird und, indem ſich die dienende untere Extremität beugt, eine Schwingung nach vorn macht. Er verhält ſich hierbei wie ein Pendel, deſſen Drehungsachſe von dem Unterſtützungspunkte der einen Achſelhöhle zu dem der anderen läuft. In dem nächſten Momente werden dann die Krücken durch die Vorwärtsbewegung der Arme im Schultergelenke nach vorn geſtellt, um das vorgeſchrittene Bein zu überholen und von neuem als Stützen dienen zu können. Bei dem Gehen an einer Krücke hüpft der Körper in einem Bogen um dieſe Stütze herum, oder die letztere ſucht, ſo gut es geht, die mangelnde Extremität zu erſetzen. Vgl. §. 83 und 89.

Bei dem Gehen auf einem ſteifen Stelzfuße müſſen die Vortheile, welche das Kniegelenk des geſunden Menſchen bei dem Ausſchreiten darbietet, anderweitig compenſirt werden. Die Stelze begiebt ſich nicht mit dem an ihr befeſtigten Beintheile gerade von hinten nach vorn, ſondern beſchreibt einen Halbkegel, deſſen Spitze in der Drehungsachſe des Hüftgelenkes iſt und deſſen Baſalbogen von hinten und innen nach vorn und außen und dann nach vorn und innen geht. Hierbei werden natürlich die Oberſchenkelmuskeln weit mehr angeſtrengt, als bei dem natürlichen Gehen. Um dieſen Uebelſtand zu compenſiren, macht man daher auch die Stelze etwas kürzer als das geſunde Bein iſt, wenn dieſes den Rumpf unterſtützt. Der Kegelraum wird hierdurch kleiner. Der Rumpf erhält zwar bei dem Stehen eine ſchiefe Neigung. Allein dieſer Nachtheil wird durch die möglich gewordene geringere Ermüdung compenſirt. Bei einem künſtlichen Fuße endlich, der im Fußgelenke ſteif iſt, muß die Sohle ſchief nach oben und vorn geſtellt werden, um das hindernde Anſtoßen derſelben bei der größten Streckung zu vermeiden und ſo gewiſſermaßen das natürliche Abwickeln des Fußes nachzuahmen.

Da der menſchliche Körper eine größere ſpecifiſche Schwere als das 905
Waſſer hat (§. 31), ſo beſteht die Aufgabe des **Schwimmens** darin, ihn an der Oberfläche des Waſſers zu erhalten und gleichzeitig in gewiſſer Richtung fortzuſchieben. Wir haben daher auch hier centrifugale Wurf- oder Sprungbewegungen, welche der Gravitationskraft entgegenarbeiten. Um aber dieſe Functionen zu erleichtern, athmen wir tief ein, füllen die Lungen mit viel Luft, verengern die Stimmritze und

vermindern auf dieſe Art unſere Eigenſchwere. Der Projectionsbewegung entſprechend aber reducirt ſich die Wirkung auf Beugung und nachfolgende intenſive Streckung. Die zwei Extremitäten beider Seiten contrebalanciren oder unterſtützen ſich hierbei. An den Füßen beſtehen die Hauptveränderungen in Flexion und Extenſion, an den Armen in Beugung, Streckung und Drehung der horizontalen Extremität nach außen. Arbeitet nur eine obere Extremität oder nur ein Fuß, ſo ſtört ſich das ſeitliche Gleichgewicht, und der Menſch ſinkt nach den Waſſerfurchen hinab, welche auf dieſe Weiſe gebildet werden. Die Streckbewegungen rufen in jedem Falle einen Stoß nach oben hervor und hüten vor dem Unterſinken. Extendiren ſich beide Füße, während ſich die geſtreckten Arme von vorn und innen nach außen und dann nach hinten und innen drehen, ſo wird der Körper nach vorn geſtoßen, ſobald das ſogenannte ſchlagende Schwimmen Statt findet. Er geht nach hinten, wenn die Drehung der Arme die entgegengeſetzte iſt. Bei dem ſogenannten kriechenden Schwimmen zieht man mittelſt der geſtreckten Arme und der gebogenen Finger die vor dem Körper liegende Waſſermaſſe gegen die Bruſt an. Das tiefe Einathmen gewährt bei allen dieſen Bewegungen noch den Nebenvortheil, daß der Rücken geſtreckt wird und auf dieſe Weiſe einerſeits direct die Centrifugalkraft unterſtützt und anderſeits den Muskeln der Rumpfglieder der Extremitäten fixere Ausgangspunkte gewährt.

Ueber eine Reihe von Specialbewegungen, welche bei dem Schwimmen des Menſchen Statt finden, ſ. P. J. Barthez neue Mechanik der willkührlichen Bewegungen des Menſchen und der Thiere. Aus dem Franzöſiſchen überſetzt von Kurt Sprengel. Halle, 1800. S. 313—23. Eine Abbildung der reſultirenden Linien, welche aus den gewöhnlichen Schwimmbewegungen hervorgehen, findet ſich in A. Baumgartner die Mechanik in ihrer Anwendung auf Künſte und Gewerbe. Wien, 1834. 8. Taf. I. Fig. 5. vergl. den Text S. 17.

Stimm- und Sprachbildung.

906 Jedes vollkommene mit Zungen verſehene Blasinſtrument ſetzt die Exiſtenz eines mit einem Blaſebalge verbundenen Anſpruchsrohres, ſchwingender geſpannter Zungen, welche eine kleine Spalte offen laſſen, und eines über denſelben befindlichen Corpus voraus. Dieſe ſämmtlichen Deſiderate finden auch in unſerem Stimmorgane um ſo leichter ihre Repräſentanten, als ihre Herſtellung keine eigenen nur zu dieſem Zwecke dienenden Organe erfordert. Das Anſpruchsrohr mit ſeinem Blaſebalge iſt in der Luftröhre und den Lungen, welche fortwährend Luft einpumpen und auspreſſen, von vorn herein gegeben. Ebenſo bilden die Höhlungen des Rachens, des Mundes und der Naſe Corpustheile, welche zur Modification der Töne bereit ſind. Es fehlt daher nur noch das Zungenwerk ſelbſt. Dieſes Deſiderat erfüllt unter ſolchen Verhältniſſen die Einſchaltung des Kehlkopfes mit ſeinem Kehldeckel, ſeinen oberen und unteren Stimmbändern und den Morgagniſchen Taſchen mit Leichtigkeit. Er allein bildet daher einen Theil, welcher ohne Herſtellung der Stimmbildung hinwegbleiben könnte.

907 Jeder Apparat unſeres Organismus erlangt dadurch eine weſentliche Vervollkommnung, daß ſeine einzelnen Theile nicht ſtabil, ſondern labil

gegen einander äquilibrirt ſind. Er erhält auf dieſe Art die Fähigkeit, ſich den äußeren Verhältniſſen anzupaſſen; eine größere Vielſeitigkeit ſeiner möglichen Arbeit aber iſt die unmittelbare Folge dieſer Einrichtung. Auch unſere Stimmwerkzeuge genießen dieſen Vortheil in hohem Maaße. Durch die verſchiedene Stärke der Athembewegungen werden die Einflüſſe des Anſpruches der Zungen vervielfältigt. Der unendliche Wechſel der Stellungen der Gebilde des Rachens, des Mundes und der Naſe erzeugt die verſchiedenſten Modificationen der Töne und Laute. Die gegenſeitige Beweglichkeit der Theile des Zungenwerkes ſelbſt endlich giebt der Stimme das Maaß ihrer Höhe und zum Theil ihrer Kraft und ihres Klanges. Der Schildknorpel, der Ringknorpel, die Gießbeckenknorpel, die Santoriniſchen und, wenn ſie vorhanden ſind, die Wrisbergiſchen Knorpel geſtatten beſchränkte Grade von Verſchiebungen, welche theils die Höhlung des Kehlkopfes verändern, theils die Zungen in verſchiedenem Maaße ſpannen oder erſchlaffen. Dreht ſich z. B. das kleine Horn des Schildknorpels auf dem Ringknorpel nach oben, ſo daß der obere Ausſchnitt der Kante der Cartilago thyreoidea nach vorn und unten tritt, oder macht der Ringknorpel, während der Schildknorpel befeſtigt iſt, ſeine mögliche Excurſion, oder bewegen ſich die Gießbeckenknorpel nach hinten oder außen, ſo werden die Stimmbänder geſpannt. Umgekehrt dagegen müſſen ſie, ſobald ſich der Schildknorpel nach hinten wendet oder die Gießbeckenknorpel nach vorn gehen, erſchlaffen. Durch dieſe Einrichtung erlangen die natürlichen Zungen unſeres Larynx vor den künſtlichen den Vortheil, daß ihre Befeſtigung und Spannung augenblicklich eine unendliche Reihe von Modificationen zu erleiden vermag.

Da aber auf dieſe Weiſe die Stimmung unſeres Tonwerkzeuges durch die Arbeit der Muskeln urſprünglich bedingt wird, ſo kann man mit Recht die Thätigkeit der Tonbildung eben ſo gut als ein Corollarium der Lehre von der Athmung, als der der Bewegung anſehen.

Die Functionen der Kehlkopfmuskeln ſind bis jetzt noch nicht ſo 908
genau, als es für die Phyſiologie der Stimme wünſchenswerth iſt, ermittelt. Wirken beide Cricothyreoidei gemeinſchaftlich und gleichförmig, ſo nähern ſie den oberen Rand des Vordertheiles des Ringknorpels dem unteren des Schildknorpels, oder umgekehrt den letzteren dem zuerſt genannten. Während hierbei die oberen Stimmbänder (Ligamenta thyreo-arytaenoidea superiora) gedehnt und die Morgagniſchen Ventrikel vorn niedriger und hinten etwas flacher werden, ſpannen ſich vorzüglich die unteren Stimmbänder (Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora) der Länge nach aus. Die letztere Wirkung muß aber, ſobald die Crico-arytaenoidei postici die Gießbeckenknorpel nach hinten und außen wenden, in noch höherem Maaße auftreten, denn die Ringſchildknorpel- und die Ring-Gießbeckenmuskeln arbeiten in dieſem Falle an den unteren Stimmbändern gleich zwei einander entgegengeſetzten Kräften. Als Antagoniſten derſelben erſcheinen die Thyreo-arytaenoidei und die Crico-arytaenoidei laterales, welche nicht ſelten mehr oder minder mit einander verſchmolzen, bisweilen jedoch ſelbſt an ihrer äußeren Seite von einander getrennt ſind. Indem

ſie die Gießbeckenknorpel dem Schildknorpel annähern, erſchlaffen die Stimmbänder und die vorſtehenden Mitteltheile oder ſelbſt die vorderen Parthieen der unteren Ligamenta thyreo-arytaenoidea oder auch dieſe ſogar im Ganzen rücken einander näher. Höchſtens ſind dieſe Muskeln, insbeſondere die Thyreo-arytaenoidei, im Stande, die oberen und unteren Stimmbänder an ihren Innenrändern mittelſt der an ihnen liegenden Muskelfaſern in geringem Grade anzuſpannen. Gleichzeitig verkleinern ſich dann die Morgagniſchen Taſchen und können den Schleim, welcher etwa in ihnen enthalten iſt, herausbefördern helfen. Vergl. auch §. 913.

Die Verlängerung der Stimmritze wird durch die Cricothyreoidei und die Cricoarythaenoidei postici, ihre Verkürzung dagegen durch die Thyreo-arytaenoidei und die Cricoarytaenoidei laterales beſorgt. Die Arytaenoidei transversi ſchließen entweder für ſich oder mit Hilfe der ſeitlichen Ring-Gießbeckenmuskeln vorzüglich den hinteren Theil der Glottis, während der vordere wahrſcheinlich durch die inneren Bündel der Crico-thyreoidei verengert zu werden vermag.

Die Cricothyreoidei können natürlich entweder an dem Ring- oder dem Schildknorpel ihren Stützpunkt nehmen. In dem erſteren Falle dreht ſich der Vordertheil der Cartilago cricoidea nach oben, in dem letzteren dagegen der des Schildknorpels nach vorn und unten. Jene Bewegungsweiſe iſt bei Viviſectionen von Hunden beobachtet worden [1]. Dieſe können wir leicht an uns ſelbſt wahrnehmen, wenn wir den Winkel des Schildknorpels mit dem Finger fixiren und laut ſprechen oder ſingen. Die Thyreo-arytaenoidei und Crico-arytaenoidei haben faſt immer die Ausgangspunkte ihrer Wirkungen an dem Ring- und Schildknorpel. Exiſtiren noch beſondere Arytaenoidei obliqui, die von der Baſis des einen Gießbeckenknorpels nach der Spitze des anderen gehen, ſo wirken ſie zwar ähnlich, wie die Arytaenoidei transversi, verengern jedoch wahrſcheinlich den hinteren Theil der Glottis in etwas geringerem Grade, als die queren Gießbeckenmuskeln.

909 Daß die Tonerzeugung urſprünglich durch die **unteren Stimmbänder** (Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora) bedingt werde, lehren Verſuche an lebenden oder todten Thieren, ſowie Beobachtungen, welche ſich bisweilen an verwundeten Menſchen anſtellen laſſen. Bringt man z. B. bei einem Hunde oder Kaninchen eine ſo große Oeffnung in der Luftröhre an, daß die Stimmbänder nicht mehr durch den Athmungsſtrom der Luft in eine hinreichend kräftige Vibration verſetzt werden können, ſo hört die Tonbildung auf. Dieſelbe Erfahrung wurde in dem gleichen Falle an dem Menſchen gemacht. Individuen der Art ſind, wenn ſie ſprechen wollen, genöthigt, die fiſtulöſe Mündung durch einen geeigneten Verband, durch eine ſcharf angezogene Halsbinde oder auf andere Weiſe zu verſchließen. Iſt dagegen das künſtliche Loch ſo klein, daß noch ein Theil der Luft mit gehöriger Kraft die Stimmbänder und die Stimmritze zu afficiren vermag, ſo wird noch eine Tonerzeugung möglich (**Magendie**)[2]. Umgekehrt kann man alle Theile, welche über den unteren Stimmbändern liegen und ſelbſt die Morgagniſchen Ventrikel an ausgeſchnittenen Kehl-

---

[1]) Magendie Elémens de Physiologie. p. 105. F. A. Longet Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. Tome II. Paris, 1842. 8. p. 273.
[2]) a. a. O. p. 105.

köpfen todter Thiere oder Menſchen entfernen, ohne daß die Bildung von Tönen aufgehoben wird. Dieſe bleiben vielmehr noch rein und ſcharf, wenn nur die Stimmritze die bald näher zu beſtimmende Größe darbietet, die Stimmbänder geſpannt ſind und die Luftröhre durch ein in dieſelbe eingepaßtes Rohr angeſprochen wird. Die Tönung erhält ſich, das Fragment der Trachea mag lang oder kurz ſein, und hört ſogar nicht auf, wenn ſelbſt die Luftröhre gänzlich entfernt worden und die Anſprache von dem unteren Ende des Kehlkopfes aus erfolgt (Joh. Müller)[1]. Auf gleiche Art brachte noch z. B. ein Mann mit einer offenen Halswunde, durch welche man den Kehldeckel mit Deutlichkeit wahrnehmen konnte (Nöggerath)[2], oder umgekehrt ein Individuum, bei dem unterhalb der Stimmbänder ſtarke Verwachſungen Statt fanden (Magendie, Regnauld)[3], die deutlichſten Laute und ſelbſt Worte oder einzelne Buchſtaben hervor.

Die Tonbildung wird, wie bei den Zungeninſtrumenten, nur dann 910
möglich, wenn die Luftſpalte, d. h. die Stimmritze, ſehr ſchmal iſt. Stehen die unteren Stimmbänder des Kehlkopfes weit auseinander, ſo erzeugt der von der Luftröhre aus erfolgende Anſpruch nur rauhe Reibungsgeräuſche, welche mit der wahren Stimmbildung keine weſentliche Aehnlichkeit haben. Hat man dagegen die Gießbeckenknorpel einander genähert, ſo daß der hintere Theil der Stimmritze, die ſogenannte Glottis respiratoria, verſchloſſen wird, die vorderen Parthieen derſelben dagegen, die Glottis vocalis, eine linienförmige Spalte offen laſſen, ſo erſcheinen Töne, welche mit denen des lebenden Menſchen oder des Thieres, deſſen Kehlkopfes man ſich bedient, die größte Aehnlichkeit haben. Dehnt ſich die feine Spalte der ganzen Länge nach aus, ſo daß die Glottis respiratoria nicht vollkommen geſchloſſen iſt, ſo erhält man an menſchlichen Kehlköpfen zwar bisweilen, jedoch weit ſeltener dieſelben Reſultate (Joh. Müller)[4]. Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß in allen dieſen Fällen eine gleichzeitige ſtärkere oder ſchwächere Spannung der Stimmbänder vorausgeſetzt wird.

Die Erfahrungen, welche bis jetzt an dem lebenden Menſchen ange- 911
ſtellt werden konnten, beſtätigen zum Theil die eben erwähnten Thatſachen. Wenn nämlich die Stimmbänder von Selbſtmördern vermöge eines Halsſchnittes, welcher den oberen Theil des Kehlkopfes trifft, entblößt oder durch einen großen Subſtanzverluſt der Naſe der Anſchauung unmittelbar zugänglich gemacht worden, ſo bemerkt man, daß ſie im Momente der Tonerzeugung eine linienartige Spalte zwiſchen ſich offen laſſen (Mayo, Rudolphi). Dieſe wird aber unregelmäßiger, ſobald das eine Stimmband gleichzeitig mit verletzt iſt (Mayo). Können nur die Gießbeckenknorpel

[1] J. Müller Handbuch der Physiologie des Menschen für Vorlesungen. Bd. II. Abth. I. Coblenz, 1837. 8. S. 180.

[2] C. E. Noeggerath de voce, lingua, respiratione, deglutitione observationes quaedam. Bonnae, 1841. 4. p. 5.

[3] Gazette médicale. Paris, 1841. 4. p. 583. 84.

[4] a. a. O. S. 184.

geſehen werden, ſo bemerkt man, daß ſie ſich im Augenblicke des Sprechens mit ihren Innenſeiten dergeſtalt gegen einander wenden, daß wenigſtens die Glottis respiratoria verſchloſſen werden muß.

Die Größe der offen bleibenden Stimmritze iſt bis jetzt weder im Allgemeinen, noch mit Berückſichtigung der einzelnen hervorgebrachten Töne genau gemeſſen worden. Nur Kempelen [1]) giebt, wahrſcheinlich von theoretiſchen Vorausſetzungen geleitet, an, daß die Stimme aufhöre, ſobald die Spalte der Quere nach $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{10}$ Zoll betrage. Man kann ſich auch an ausgeſchnittenen Kehlköpfen leicht überzeugen, daß durch das Anſprechen von der Luftröhre aus kein irgend regulärer Ton, ſondern nur ein Raſſeln oder Schnarchen, wie es Sterbende von ſich geben, entſteht, ſobald die Glottis respiratoria und vocalis oder ſelbſt die letztere allein noch irgend bedeutend geöffnet bleiben.

912 Der Verſchluß der Glottis respiratoria kann durch die Arytaenoidei transversi, ohne daß zugleich die Stimmbänder weſentlich geſpannt werden, zu Stande kommen. Dagegen iſt dieſes in Betreff der Glottis vocalis nicht möglich. Denn die Crico-thyreoidei dehnen zugleich die Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora aus, und ebenſo müſſen die Crico-arytaenoidei laterales, wenn die Crico-arytaenoidei transversi gleichzeitig wirken, nicht nur die Verengerung der Glottis, ſondern auch die Tenſion der Stimmbänder unterſtützen. Dieſer Unterſchied, daß bei der Glottis respiratoria Schließung und Spannung auf unabhängigere Weiſe von einander erfolgen können, bei der Glottis vocalis dagegen mehr oder minder Hand in Hand gehen, hat ſeinen wohl berechneten Grund. Denn ſoll die Tonbildung wenigſtens in ihrer Mannichfaltigkeit nicht geſtört werden, ſo muß die erſtere überhaupt unabhängig von den Dehnungszuſtänden der Stimmbänder geſchloſſen bleiben. Werden aber die Ligamenta thyreo-arytaenoidea ſtärker angezogen, ſo iſt ein ſtärkerer Anſtoß des Luftſtromes zur Erzeugung von Schwingungen erforderlich. Wir ſehen daher auch, daß eine größere Anſpannung der Stimmbänder und eine bedeutendere Kleinheit der Stimmritze wenigſtens in den meiſten Fällen durch dieſelben wirkenden Kräfte hervorgerufen und auf dieſe Art gleichzeitig bedingt werden.

913 Die Stimmritze bleibt nicht bei ruhigem Athmen unbeweglich, ſondern erweitert ſich wenigſtens meiſtentheils während der Inſpiration und verengert ſich im Augenblicke der Exſpiration. Zu dem letzteren geſellen ſich noch bisweilen Vibrationen der Muskelfaſern des Schlundes (Stilling). Wenn aber die Glottis respiratoria während der Stimmbildung ganz geſchloſſen und die Glottis vocalis zu einer dünnen Spalte reducirt iſt, ſo kann die Luft, ſofern der Exſpirationsdruck derſelbe iſt, nur ſparſamer hervortreten. Wir athmen daher auch bei angeſtrengtem Sprechen oder Singen zuerſt tief ein und entleeren die auf dieſe Weiſe angeſammelte Luft allmälig, um für jene Thätigkeiten der Stimmbildung mehr Material oder Zeit zu gewinnen. Das Sprechen und Singen wird ſo zu einem Exſpirationsacte.

---

[1]) Wolfgang von Kempelen Mechanismus der menſchlichen Sprache nebſt der Beſchreibung ſeiner ſprechenden Maſchine. Wien, 1791. 8. S. 81. 82.

Während des Einathmens können die meiſten Menſchen keine ganz reinen Tonbildungen hervorrufen. Nur Einzelne erzeugen dabei ſelbſt höhere Noten, als dem Sopran der Frauen entſpricht.

Legt man bei lebenden Thieren die Stimmbänder bloß, ſo gelingt es 914
nicht ſelten, ihre Schwingungen im Momente der Tonerzeugung deutlich wahrzunehmen. Die zahlreichen elaſtiſchen Faſern, welche in ihnen vorkommen, machen ſie zu dieſen Vibrationen vorzugsweiſe geeignet. Aus dem gleichen Grunde findet ſich auch eine ſehr bedeutende Menge elaſtiſchen Gewebes in den anderen Bändern und Theilen des Kehlkopfes, z. B. den Ligamentis thyreo-arytaenoideis superioribus, der Unterlage der Morgagniſchen Ventrikel, dem Ligamentum crico-thyreoideum medium, hyothyreoideum laterale, den Bandbildungen des Kehldeckels, ſowie in den häutigen Ausfüllungsſtücken der Luftröhre, der Bronchien und der Bronchialverzweigungen.

Stimme. — Die Hauptbedingungen, unter welchen die verſchiede- 915
nen Töne urſprünglich gebildet werden, hängen von der Größe und Spannung der Stimmbänder, ſowie dem Zuſtande der Stimmritze ab. Dieſe Momente laſſen ſich bis auf einen gewiſſen Grad an todten ausgeſchnittenen Kehlköpfen des Menſchen und der Thiere wiedergeben. Die ausführlichſten, in dieſer Beziehung vorliegenden Beobachtungen rühren von Joh. Müller her, deſſen Unterſuchungen überhaupt das uns hier beſchäftigende Kapitel am gründlichſten erläutern.

Joh. Müller[1]) bediente ſich zu den einfacheren Beobachtungen der Art, wenn ſie mit Maaßbeſtimmungen verbunden ſein ſollten, folgender Vorrichtung. Man entfernt an einem ausgeſchnittenen Kehlkopfe des Menſchen alle Theile, welche oberhalb der unteren Stimmbänder liegen, und ſticht durch die beiden Gießbeckenknorpel einen Pfriemen oder eine Nadel ſo durch, daß ſich die Vocalfortſätze der Cartilagines arytaenoideae, wenn dieſe an einander gerückt werden, gegenſeitig berühren und eine gleichförmige Spannung der Stimmbänder möglich bleibt. Jene wird dann noch behufs einer beſſeren Befeſtigung mit beſonderen Fäden umwickelt. Man bindet hierauf den Pfriemen ſowohl, als den Ringknorpel durch Schnüre an ein Brett, macht die Vereinigung des Schild- und Ringknorpels zum Theil frei, führt durch den Winkel der Cartilago thyreoidea dicht über den Stimmbändern eine Schnur, leitet dieſe über eine Rolle und verſieht ihr anderes Ende mit einer Wagſchaale, welche mit verſchiedenen Gewichten beſchwert wird. Dieſe ziehen natürlich den noch vorhandenen Theil des Schildknorpels ſchief nach vorn, ahmen daher die Wirkung der Cricothyreoidei nach und ſpannen die Stimmbänder. Abſtrahirt man nun von der Reibung der Achſe der Rolle, welche mit größerer Beſchwerung der Wagſchaale zunimmt, und erfolgt der Zug jedes Mal gleichförmig, ſo geben die aufgelegten Gewichte ein ungefähres Maaß der Dehnung der Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora. In die untere Oeffnung der Luftröhre kommt alsdann ein hölzernes Mundrohr, in welches man einbläſt. In Fig. 92 iſt ein complicirterer, mit einem Manometer und beſonderen Compreſſionsvorrichtungen verſehener Apparat dargeſtellt, in welchem die eben geſchilderten Verhältniſſe auf eine leicht aufzufindende Weiſe wiederkehren.

Auf den erſten Blick könnte es zweckmäßiger ſcheinen, den Wind des Anſpruches nicht durch ſeinen eigenen Athem, ſondern durch ein Gebläſe, z. B. einen doppelten Blaſebalg zu erzeugen. Allein dieſe Modification hat den Fehler, daß die Stimmbänder vermöge des trockenen vorbeiſtreichenden Luftſtromes binnen Kurzem ihre Feuchtigkeit verlieren und die Töne entweder gänzlich verſagen oder unter ſonſt gleichen Verhältniſſen

---

[1]) Physiologie a. a. O. S. 185. 86.

höher werden. Unſer Athem führt dieſe Nachtheile nicht mit ſich, weil er eine mit Waſſerdampf geſättigte Atmoſphäre an den Vocalligamenten vorbeileitet [1]).

916 Nach Müller liefern die unteren Stimmbänder, wenn alle über ihnen liegenden Theile entfernt ſind, durch den von der Luftröhre aus erfolgenden Anſpruch reine und volle Töne, die ſich durch geringere Stärke von denen, welche man unter ähnlichen Verhältniſſen an unverſehrten Kehlköpfen hervorzubringen vermag, unterſcheiden. Sie treten zwar am leichteſten, wenn die Glottis respiratoria geſchloſſen iſt, jedoch auch in ſelteneren Fällen ohne dieſe Bedingung und ohne daß dann Nebentöne entſtehen, hervor. Ihre Höhe wird nur durch die Spannung der Stimmbänder, nicht aber durch die Weite der Stimmritze influencirt. Steht die letztere in bedeutenderem Maaße offen, ſo ſpricht bloß der Ton weniger an, erſcheint minder klangvoll und wird von einem Raſſelgeräuſche der durchſtrömenden Luft begleitet. Bildet die Glottis eine feine Spalte, ſo gelingt der Anſpruch auch bei ſtärkeren Spannungen der Stimmbänder. Berühren ſich dagegen die letzteren mit ihren Innenrändern, ſo bildet eine geringere Tenſion derſelben eine nothwendige Bedingung der Tonerzeugung. Der Schall fällt dann ſtärker und voller als bei ſehr ſchmaler Glottis aus. Uebrigens können die Stimmbänder vermöge des in ihnen enthaltenen elaſtiſchen Gewebes tönen, wenn ſie ſelbſt erſchlafft ſind, die Glottis respiratoria geſchloſſen worden und die Glottis vocalis nur in einer Länge von 2 Linien offen ſteht [2]).

917 Tiefe und hohe Töne laſſen ſich bei kurzer wie bei langer Stimmritze hervorrufen. In dem erſteren Falle müſſen nur die Stimmbänder in entſprechendem Grade erſchlafft, in letzterem geſpannt ſein. Jedoch erhöhen ſich die Noten bei zunehmender Spannung der Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora nicht ganz auf die Weiſe, wie es der Theorie nach von Saiten oder an ihren beiden Enden angeſpannten Membranen gefordert werden könnte. Sie werden nie höher, als theoretiſch anzunehmen iſt, ſondern bleiben eher hinter den zu erwartenden Reſultaten um einen halben oder ganzen Ton zurück. Eine Ausnahme hiervon bildet allein eine ungleiche Spannung der beiden Stimmbänder. Man erhält zwar auch in dieſem Falle nur ſelten zwei Töne zugleich; allein der zum Vorſchein kommende Ton wird häufig dadurch, daß ſich die Ligamenta vocalia in einem Theile ihrer Länge bei der Schwingung berühren und ſecundäre Schwingungsknoten hervorrufen, ſehr hoch und den Flageolettönen ähnlich. Das Gleiche kehrt an iſolirten Stimmbändern, welche zungenartig ausgeſpannt werden, wieder [3]).

Die Töne laſſen ſich ungefähr in einem Umfange von zwei Octaven an geeigneten Kehlkopfpräparaten durch Zunahme der gleichartigen Spannung der Ligamenta vocalia inferiora verändern. Wird aber die Exploſion zu ſtark, ſo erzeugen ſich höhere, pfeifende oder ſchreiende unangenehme

[1]) Joh. Müller über die Compensation der physischen Kräfte am menschlichen Stimmorgan. Mit Bemerkungen über die Stimme der Säugethiere, Vögel und Amphibien. Berlin, 1839. 8. S. 6. 7.
[2]) Müller Physiologie. S. 186 – 88. [3]) Müller a. a. O. S. 189 – 92.

Tonbildungen. Durch bedeutendere künſtliche Erſchlaffung der Stimmbänder dagegen können noch tiefere Töne, als bei der bloßen natürlichen durch die Elaſticität des Ligamentum crico-thyreoideum medium bewirkten Anſpannung derſelben zu Stande kommen.

Zur näheren Erläuterung des erſteren Satzes bediente ſich Müller des oben §. 915 erwähnten Apparates. Die Drehung des Schildknorpelfragmentes nach vorn und die Verkleinerung des Zwiſchenraumes zwiſchen der Cartilago thyreoidea und der Cartilago cricoidea erſetzte hierbei die Wirkung der Musculi crico-thyreoidei und rief die allmälig größer werdende Tenſion der Stimmbänder hervor. Natürlicher Weiſe können die aufgelegten Gewichte, wie ſchon angeführt wurde, kein ganz directes Maaß für die Größe der Spannung abgeben. Sie liefern jedoch ungefähre Werthe, welche wenigſtens nach Müller bei ganz gut gelungenen Verſuchen als ziemliche Normen leiten können. Dieſer Forſcher führt z. B. als Belege folgende beiden Reihen, welche einem männlichen Kehlkopfe angehörten und deren Töne rückſichtlich ihrer Höhe nach dem Claviere beſtimmt wurden, an [1])

Spannungsgewichte der Stimmbänder in Lothen.	Tiefſte erhaltene Töne der Verſuchsreihe		Spannungsgewichte der Stimmbänder in Lothen.	Tiefſte erhaltene Töne der Verſuchsreihe	
	Nr. 1.	Nr. 2.		Nr. 1.	Nr. 2.
0,5	ais	h	10		$\overline{\overline{\text{dis}}}$
1	h	$\overline{\text{c}}$	10,7	$\overline{\overline{\text{e}}}$	
1,5	$\overline{\text{c}}$	$\overline{\text{cis}}$	11		$\overline{\overline{\text{e}}}$
2	$\overline{\text{cis}}$	$\overline{\text{d}}$	11,7	$\overline{\overline{\text{f}}}$	
2,5	$\overline{\text{d}}$	$\overline{\text{dis}}$	12		$\overline{\overline{\text{f}}}$
2,8	$\overline{\text{dis}}$		13	$\overline{\overline{\text{fis}}}$	$\overline{\overline{\text{fis}}}$
3	$\overline{\text{e}}$	$\overline{\text{e}}$	15	$\overline{\overline{\text{g}}}$	$\overline{\overline{\text{g}}}$
3,5	$\overline{\text{f}}$	$\overline{\text{f}}$	17	$\overline{\overline{\text{gis}}}$	
4	$\overline{\text{fis}}$	$\overline{\text{fis}}$	17,5		$\overline{\overline{\text{gis}}}$
4,5	$\overline{\text{g}}$	$\overline{\text{g}}$ +	18,5 (?)		$\overline{\overline{\text{a}}}$
5	$\overline{\text{gis}}$	$\overline{\text{gis}}$	19	$\overline{\overline{\text{a}}}$	
5,5	$\overline{\text{a}}$	$\overline{\text{a}}$	20		$\overline{\overline{\text{ais}}}$
6	$\overline{\text{ais}}$	$\overline{\text{ais}}$	22	$\overline{\overline{\text{ais}}}$	$\overline{\overline{\text{h}}}$
6,5	$\overline{\text{h}}$	$\overline{\text{h}}$	25	$\overline{\overline{\text{h}}}$	
7	$\overline{\text{h}}$ — $\overline{\overline{\text{c}}}$		26		$\overline{\overline{\overline{\text{c}}}}$
7,5	$\overline{\overline{\text{c}}}$	$\overline{\overline{\text{c}}}$	28	$\overline{\overline{\overline{\text{c}}}}$	
8	$\overline{\overline{\text{cis}}}$		29		$\overline{\overline{\overline{\text{cis}}}}$
8,3		$\overline{\overline{\text{cis}}}$	31	$\overline{\overline{\overline{\text{cis}}}}$	
8,5	$\overline{\overline{\text{d}}}$		32		$\overline{\overline{\text{d}}}$
9		$\overline{\overline{\text{d}}}$	35	$\overline{\overline{\overline{\text{d}}}}$	
9,7	$\overline{\overline{\text{dis}}}$		37	$\overline{\overline{\overline{\text{dis}}}}$	$\overline{\overline{\overline{\text{dis}}}}$

[1]) a. a. O. S. 193.

Eine größere Beſchwerung der Wagſchaale mit Gewichten gab in beiden Fällen keinen reinen Ton mehr. Man ſieht aber, daß in jedem von ihnen ſchon mehr als zwei Octaven durch dieſe Verſuchsmethode zu Stande gebracht werden konnten.

Um nun nachzuweiſen, daß durch künſtliche Abſpannung der Stimmbänder tiefere Tonbildungen, welche mehr der Baßſtimme gleichen, hervorgerufen werden, bediente ſich Müller [1]) des einfachen Apparates, daß ein in dem Schildknorpel befeſtigter Faden, welcher an ſeinem Ende eine Wagſchaale trug, über eine Rolle dergeſtalt geleitet wurde, daß er die Cartilago thyreoidea gegen die Gießbeckenknorpel hinzog, auf dieſe Art die Wirkung der Musculi thyreo-arytaenoidei und crico-arytaenoidei laterales, wenn ſie an den Cartilagines arytaenoideae ihren Ausgangspunkt nehmen, nachahmte und die Stimmbänder künſtlich immer mehr und mehr erſchlaffte. Eine in dieſer Beziehung angeſtellte Verſuchsreihe führte zu folgenden Reſultaten:

Größe der Abſpannungsgewichte der Stimmbänder in Lothen.	Ton.	Größe der Abſpannungsgewichte der Stimmbänder in Lothen.	Ton.
0,3	$\overline{\text{dis}}$	2,2	{ c
0,5	$\overline{\text{d}}$		gis
1,0	$\overline{\text{cis}}$	2,4	e
1,3	$\overline{\text{c}}$	2,6	dis
1,4	h	2,8	d
1,5	ais	3,5	cis
1,7	a	3,8	h

Bei 2,2 Loth Abſpannungsgewicht wurde das eine Mal e, das andere Mal gis intonirt.

918 Die Stimmbänder ausgeſchnittener Kehlköpfe, vorzüglich von männlichen Leichen, bringen nach Müller [2]) bei dem Anſprechen, wenn ſie nur ſchwach geſpannt ſind, zwei verſchiedene Regiſter von Tönen hervor. Die Einen ſind im Allgemeinen tiefer und erinnern ſehr an die Bruſtſtimme. Die anderen dagegen beſitzen eine größere Höhe und gehen auf dieſe Art in das Falſett über. Iſt die Tenſion der Stimmbänder unbedeutend, ſo entſtehen bei ſtarkem wie bei ſchwachem Winde vorzugsweiſe Bruſttöne, während ſich umgekehrt bei intenſiverer Spannung durch ſtärkeres oder ſchwächeres Blaſen Falſettöne erzeugen. Die letzteren kommen aber auch bisweilen bei geringer Extenſion zum Vorſchein. Dieſe ſchwankenden Reſultate erhält man jedoch nur, wenn die Gießbeckenknorpel allein befeſtigt ſind, der Schildknorpel dagegen ſich ſelbſt und der Elaſticität des Ligamentum crico-thyreoideum medium überlaſſen iſt. Bei den tiefen Bruſttönen ſchwingen dann die geſammten Stimmbänder in ausgedehnten, deutlich wahrnehmbaren Excurſionen, bei den Falſettönen dagegen betheiligen ſich nur die Innenränder derſelben an den wahrnehmbaren Oscillationen (Lehfeldt) [3]). Dieſem

---

[1]) a. a. O. S. 194   [2]) a. a. O. S. 194 95.

[3]) C. Lehfeldt Nonnulla de vocis formatione. Berolini, 1835. 8. p. 51. 52. 53. Dieſe gründliche Arbeit bildet den Vorläufer der Müller'ſchen belehrenden Unterſuchungen, welche im Texte angeführt worden.

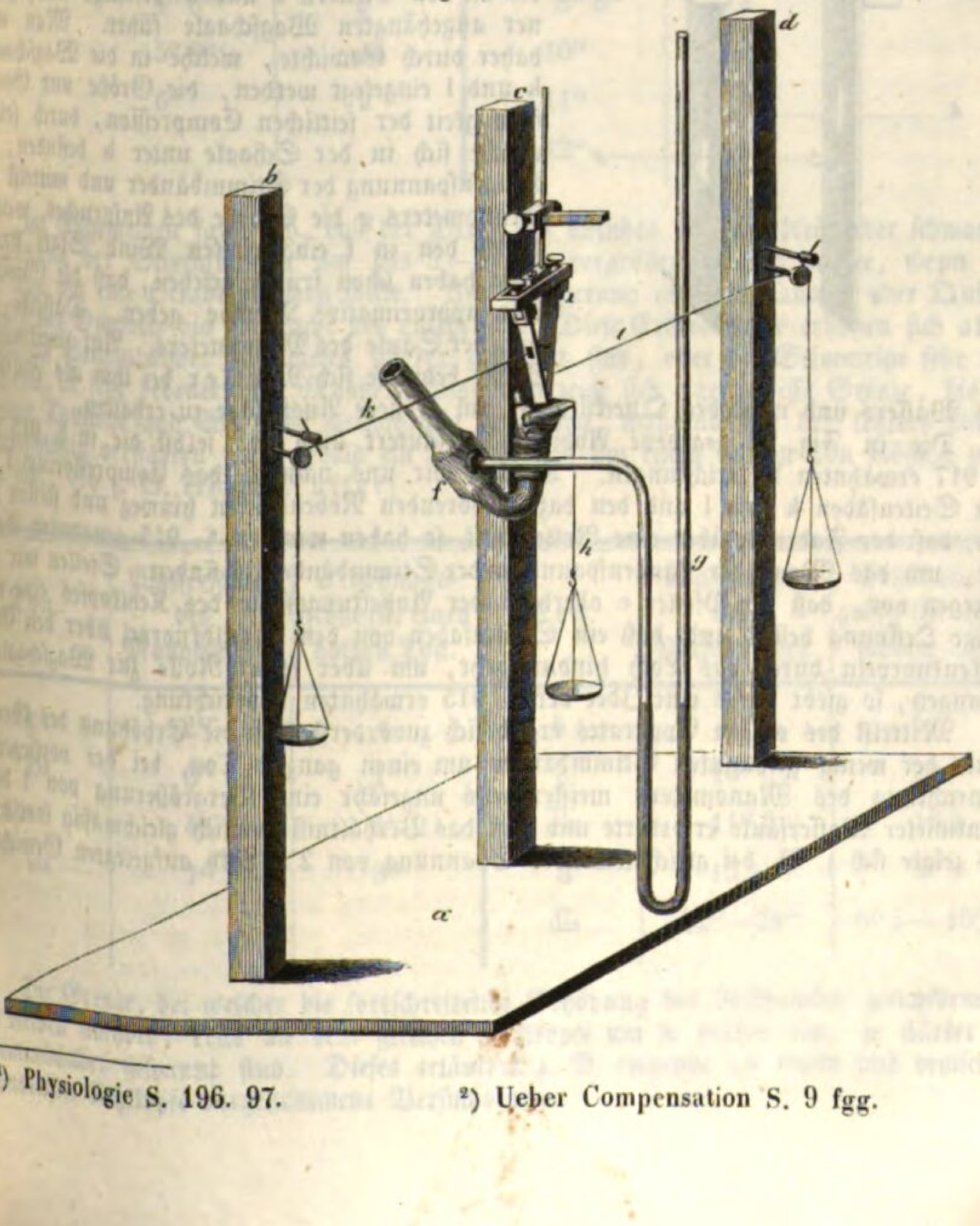
entſprechend erhöhen ſich auch die Töne, ſobald die Stimmbänder durch Berührung ihrer äußeren Theile gedämpft werden (Müller). Beiderlei Arten von Tönen können aber dann unter ſonſt gleichen Verhältniſſen um eine Octave weit von einander entfernt erſcheinen.

Die Musculi thyreo-arytaenoidei (und Crico-arytaenoidei laterales) ſpielen noch nach Müller [1]) bei der Erzeugung der höheren Bruſttöne eine eigenthümliche Rolle. Dieſe laſſen ſich nämlich erhöhen, wenn man die Wandungen des Kehlkopfes unmittelbar unter den Stimmbändern ſeitlich zuſammendrückt und ſo den Raum verkleinert. Eine ſolche Wirkung aber haben wahrſcheinlich im Leben die unteren Theile der genannten Muskeln.

Die Stärke des Windes, unter welchem die Stimmbänder angeſpro- 919
chen werden, bildet neben der Spannung der letzteren eine zweite Function der Tonbildung. Beide Verhältniſſe können ſich aber bis zu einem gewiſſen Grade compenſiren, d. h. eine ſtärkere Ausdehnung der Ligamenta vocalia vermag bei ſchwächerem Winde denſelben Ton im Piano hervorzurufen, welchen eine ſchwächere Spannung durch bedeutenderes Blaſen erzeugt.

Müller [2]) hat über dieſe Verhältniſſe eine ausführliche Reihe von Verſuchen angeſtellt. Er bediente ſich zu dieſem Zwecke des in Fig. 92 gezeichneten Apparates. Auf

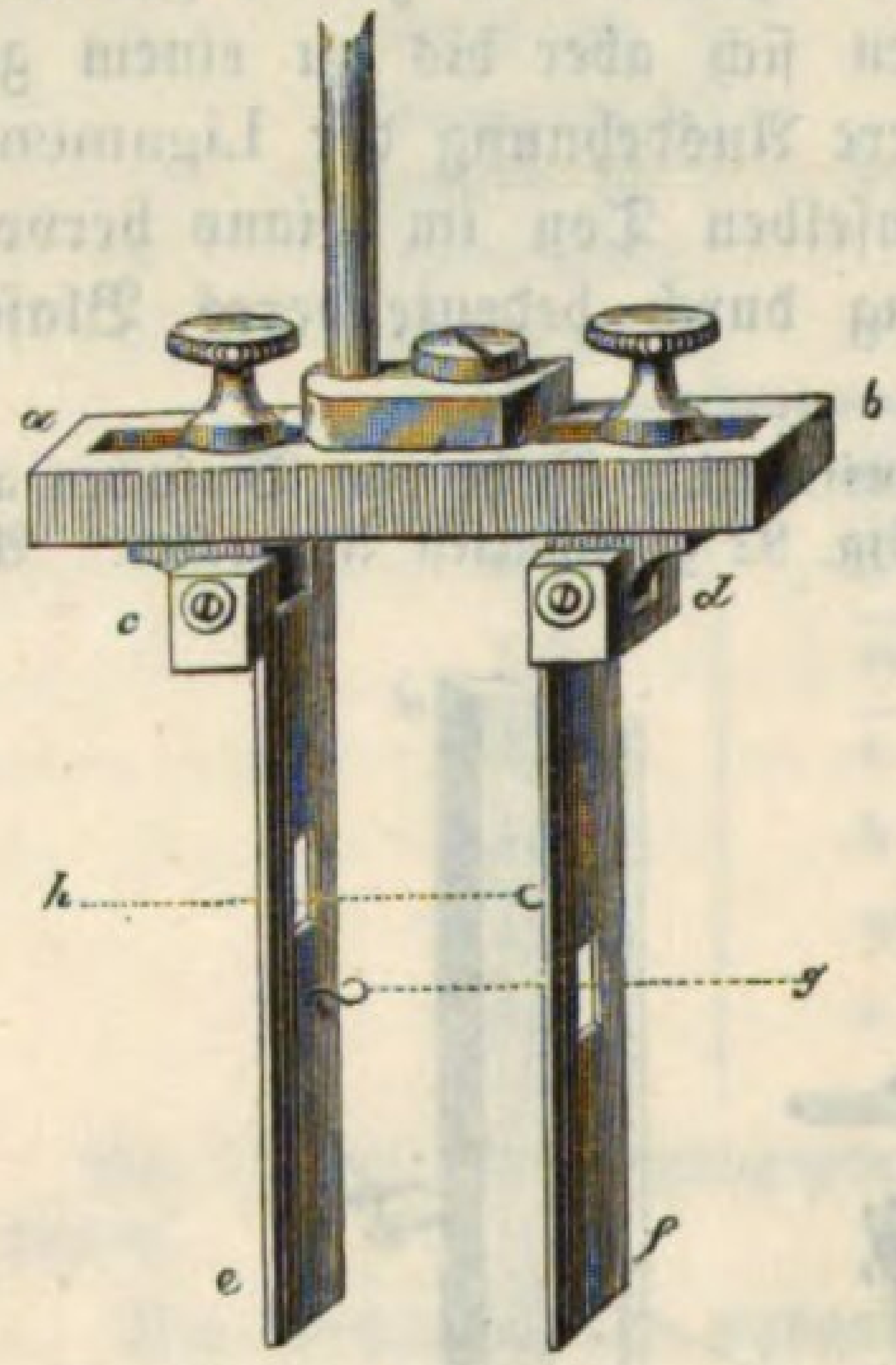
Fig. 92.



[1]) Physiologie S. 196. 97. [2]) Ueber Compensation S. 9 fgg.

einem Brette a befinden ſich drei Pfeiler b, c und d. An dem mittleren c iſt der Kehlkopf e auf die §. 915 geſchilderte Weiſe befeſtigt. Er oder der noch daran haftende Theil der Luftröhre beſitzt ein Anſpruchsrohr f, welches mit einem nach Art des **Poiſeuille**'ſchen Blutkraftmeſſers eingerichteten Manometer g in Verbindung ſteht. Von dem Schildknorpel geht (einfach oder über einer Rolle) ein Faden h aus, der eine Wagſchaale trägt. Mittelſt dieſer und der auf dieſelbe zu legenden Gewichte können dann die Vocalligamente durch Nachahmung der Thätigkeit der Musculi cricothyreoidei geſpannt werden. Will man die Größe der Stimmritze durch ſeitliche Compreſſion der Stimmbänder mittelſt Gewichten reguliren — eine Forderung, die nicht abſolut nothwendig iſt und auch, wenn ſie vollbracht wird, meiſt zu keinen ganz fixen Reſultaten führt —, ſo bedient man ſich eines am Pfeiler c oberhalb des Kehlkopfes e angebrachten beweglichen Compreſſorium, wie es Fig. 93 darſtellt. Ein horizontales paſſend ausgeſchnittenes Stück a b trägt mittelſt der beiden Charniergelenke c und d die beiden Compreſſoriumſtäbe e und f, die daher nicht bloß überhaupt eingeſtellt, ſondern auch gegen einander ſchief gewendet werden können. Um aber die letztere Bewegung durch Gewichte reguliren und gleichförmig machen zu können, hat jeder Schenkel einen entſprechenden viereckigen Ausſchnitt und ein Häkchen. Jeder der letzteren führt einen Faden, welcher durch das Loch des entgegengeſetzten Schenkels läuft und in k und l, Fig. 92, über entſprechende Rollen, die an den Pfeilern b und d befeſtigt ſind, zu einer angehängten Wagſchaale führt. Man mißt daher durch Gewichte, welche in die Wagſchaalen k und l eingelegt werden, die Größe und Gleichförmigkeit der ſeitlichen Compreſſion, durch ſolche, welche ſich in der Schaale unter h befinden, die Längenſpannung der Stimmbänder und mittelſt des Manometers g die Stärke des Anſpruches, welcher durch den in f eingeleiteten Wind Statt findet. Wir haben ſchon früher geſehen, daß die Gewichte nur approximative Werthe geben. Daſſelbe gilt von der Säule des Manometers. Auf zweckmäßige Weiſe bediente ſich **Müller** bei ihm als Fluidum des Waſſers und nicht des Queckſilbers, um größere Ausſchläge zu erhalten.

Fig. 93.



Die in Fig. 92 gegebene Abbildung erläutert auch von ſelbſt die in §. 915 und §. 917 erwähnten Vorrichtungen. Denken wir uns nämlich das Compreſſorium i mit den Seitenfäden k und l und den dazu gehörenden Nebenſtücken hinweg und ſtellen uns vor, daß der Faden h über eine Rolle läuft, ſo haben wir den §. 915 genannten Apparat, um das Maaß der Längenſpannung der Stimmbänder zu finden. Stellen wir uns dagegen vor, daß der Pfeiler c oberhalb der Anheftungsſtelle des Kehlkopfes eine viereckige Oeffnung beſitzt und daß ein Spannfaden von dem Schildknorpel über den Gießbeckenknorpeln durch das Loch hindurchgeht, um über ſeiner Rolle zur Wagſchaale zu gelangen, ſo giebt dieſes eine Idee der §. 915 erwähnten Vorrichtung.

Mittelſt des obigen Apparates ergab ſich zuvörderſt, daß die Erhöhung des Grundtones der wenig geſpannten Stimmbänder um einen ganzen Ton, bei der vorliegenden Einrichtung des Manometers meiſtentheils ungefähr eine Vergrößerung von 1 bis 2 Centimeter Waſſerſäule erforderte und daß das Verhältniß ziemlich gleichmäßig fortſchritt. Es zeigte ſich z. B. bei gleichbleibender Spannung von 2½ Loth aufgelegten Gewichtes:

Waſſerſäule des Manometers.	Ton.	Waſſerſäule des Manometers.	Ton.
3″	$\overline{\text{F}}$	6″	$\overline{\text{a}}$
3″ 6‴	$\overline{\text{Fis}}$	7″	$\overline{\text{ais}}$
4″	$\overline{\text{g}}$	9″	$\overline{\text{h}}$
4″ 8‴	$\overline{\text{gis}}$	10″	$\overline{\overline{\text{c}}}$
		12″	$\overline{\overline{\text{cis}}}$

Oder bei Mangel aller Spannung:

Waſſerſäule des Manometers.	Ton.	Waſſerſäule des Manometers.	Ton.
2″	fis Bruſtton	7″	h
4″ 6‴	g	8″ 6‴	$\overline{\text{c}}$
5″ 6‴	gis	10″	$\overline{\text{cis}}$
6″	a	11″	$\overline{\text{d}}$
		12″	$\overline{\text{dis}}$

Im Allgemeinen fand ſich, daß der Druck des Windes bei gleichbleibender ſchwacher Spannung der Stimmbänder um das 5—8fache vergrößert werden mußte, wenn ſich der Ton um eine Octave erhöhen ſollte. Zur Steigerung um eine Quarte oder Quinte gehört das Doppelte bis Dreifache des Luftdruckes. Dieſe Erforderniſſe erhöhen ſich aber, wenn die Stimmbänder um vieles ſtärker geſpannt ſind, oder die Stimmritze ſehr eng erſcheint, in ſehr bedeutendem Maaße. Bisweilen zeigt ſich eine gewiſſe Grenze, bis zu welcher Tonhöhe und Windſtoß gleichförmig zunehmen, während ſich der letztere unverhältnißmäßig verſtärken muß, ſobald ein Fortſchreiten um einen halben Ton möglich werden ſoll. So z. B. erhielt Müller:

Ton.	Waſſerſäule des Manometers.	Erhöhungsgröße für einen halben Ton.	Ton.	Waſſerſäule des Manometers.	Erhöhungsgröße für einen halben Ton.
g	2″	—	h	8″	1″
gis	3″	1″	$\overline{\text{c}}$	10″	2″
a	4″	1″	$\overline{\text{cis}}$	11″,5	1″,5
ais	7″	3″	$\overline{\text{d}}$	13,5	2″
			$\overline{\text{dis}}$	22″—24″	8″5—10″,5

Die Grenze, bei welcher die fortſchreitende Erhöhung des Luftdruckes gleichförmiger zu bleiben aufhört, tritt an dem gleichen Kehlkopfe um ſo früher ein, je ſtärker die Stimmbänder geſpannt ſind. Dieſes erläutert z. B. folgende an einem und demſelben männlichen Kehlkopfe vorgenommene Verſuchsreihe:

Spannung der Stimmbänder in Lothen											
1 Loth.		2 Loth.		3 Loth.		4 Loth.		6 Loth.		8 Loth.	
Bruſtton.	Waſſerſäule des Manometers.	Ton.	Waſſerſäule des Manometers.	Ton.	Waſſerſäule des Manometers.	Ton.	Waſſerſäule des Manometers.	Ton.	Waſſerſäule des Manometers.	Ton.	Waſſerſäule des Manometers.
fis	2″	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
g	3″	g	2″	—	—	—	—	—	—	—	—
gis	5″	gis	4″	gis	2″	—	—	—	—	—	—
a	6″	a	6″	a	5″	a	2″	—	—	—	—
ais	8″	ais	7″	ais	8″	ais	5″	ais	7″	—	—
h	9″,5	h	8″	h	8″,5	h	7″	h	8″	h	6″
$\overline{c}$	10″	$\overline{c}$	10″	$\overline{c}$	9″,5	$\overline{c}$	8″	$\overline{c}$	9″	$\overline{c}$	8″
$\overline{cis}$	11″	$\overline{cis}$	12″	$\overline{cis}$	13″	$\overline{cis}$	10″	$\overline{cis}$	10″	$\overline{cis}$	10″
$\overline{d}$	12″,5	$\overline{d}$	13″	—	—	$\overline{d}$	13″	$\overline{d}$	12″	$\overline{d}$	12″
$\overline{dis}$	24″	$\overline{dis}$	24″	$\overline{dis}$	24″ u. mehr	$\overline{dis}$	24″ u. mehr	$\overline{dls}$	24″ u. mehr	$\overline{dis}$	24″ u. mehr

Soll ein und derſelbe Ton durch Zunahme des Windes bei Abnahme der Spannung der Stimmbänder aus dem Piano in das Forte übergehen, ſo muß ſich die Tenſion der Ligamenta vocalia mehr verkleinern, als ſich der Luftdruck verſtärkt. Dieſes erhärten z. B. folgende Belege:

Gleicher an Stärke zunehmender Ton.	Vergrößerter Luftdruck in Centim. Waſſ.	Abnahme der Spannung der Stimmbänder in Lothen.	Gleicher an Stärke zunehmender Ton.	Vergrößerter Luftdruck in Centimetern Waſſer.	Abnahme der Spannung der Stimmbänder in Lothen.	Gleicher an Stärke zunehmender Ton.	Vergrößerter Luftdruck in Centim. Waſſer	Abnahme der Spannung der Stimmbänder in Lothen.
piano h	9—	2,25	piano $\overline{d}$	12	4,25	piano h	8	2,25
crescendo h	11—	1,25	crescendo $\overline{d}$	16	3,25	crescendo h	10	1,75
h	13—	0,75	$\overline{d}$	18	2,25	h	12	1,25
h	15—	0,50	$\overline{d}$	20	1,25	h	14	0,75
forte h	17—	0,25	forte $\overline{d}$	22	0,75	forte h	15	0,50

Es ergiebt ſich mithin für den Uebergang des Piano ins Forte:

	Zunahme des Luftdruckes.	Abnahme der Spannung.
im erſten Falle . . .	1,9fache	9fache
im zweiten Falle . .	1,8fache	5,66fache
im dritten Falle . . .	1,875fache	4,5fache.

Wir haben ſchon früher geſehen, daß ſich Müller zur Regulirung der ſeitlichen Compreſſion der Stimmbänder und der Verkleinerung der Stimmritze eines beſonderen Fig. 93 und 92 abgebildeten Compreſſoriums bediente. Obgleich es bei der ungleichen Spannung der aliquoten Theile der Stimmbänder meiſtentheils keine ganz fixen Reſultate zu geben vermag, ſo ließ ſich doch bisweilen mittelſt deſſelben ein Einfluß des ſeitlichen Druckes auf die Höhe des Tones nachweiſen. Wahrſcheinlich rührt dieſes davon her, daß ſich mit der Vergrößerung der Preſſion eine bedeutendere Spannung oder Verkürzung der Stimmbänder und die Nothwendigkeit eines ſtärkeren Windes verbindet. Ein

Beiſpiel hierfür liefert folgende Verſuchsreihe, bei welcher die Ligamenta vocalia gar keine künſtliche Längenextenſion erlitten.

Ton.	Seitlicher Druck in Lothen.	Ton.	Seitlicher Druck in Lothen.	Ton.	Seitlicher Druck in Lothen.
$\overline{h}$	7	$\overline{F}$	5	$\overline{cis}$	3,5
$\overline{a}$	6	$\overline{dis}$	4,5	h	3
$\overline{g}$	6	$\overline{d}$	4	a	2,5
				g	2

In manchen Fällen hat die ſeitliche Compreſſion der Stimmbänder bei gleichbleibender Longitudinalextenſion derſelben keinen Einfluß auf die Höhe, wohl aber auf den Klang des Tones. Er bleibt nämlich bei einem beſtimmten Werthe des Druckes rein und bekommt bei Verſtärkung deſſelben eine gewiſſe gepreßte Schwäche, welche wir auch künſtlich an unſerem eigenen Stimmorgane nachahmen können [1]).

Obwohl die Stimmbänder eines jeden Kehlkopfes, wenn ſie angeſprochen werden, ſowohl Bruſt- als Falſettöne angeben, ſo hat doch die abſolute Länge derſelben auf das häufigere Erſcheinen der einen oder der anderen Stimmweiſe einen weſentlichen Einfluß. Am deutlichſten führen hierauf die Unterſchiede, welche die Differenz der Geſchlechter hervorruft. Die tieferen Regiſter des Mannes, Baß und Tenor, verbinden ſich mit einer größeren Länge, die höheren der Frau, Alt und Sopran, mit einer bedeutenderen Kürze der Ligamenta vocalia. Sowie bei Männern, die ſich auf mangelhafte Weiſe geſchlechtig entwickelt haben, der Kehlkopf kleiner und die Stimmbänder proportionell kürzer bleiben, erzeugt ſich auch eine feine und hohe Stimmbildung, und umgekehrt wird dieſe nicht ſelten bei Mannweibern, bei welchen ſich der Larynx ſtärker ausbildet, tiefer, ſo daß ſie ſich wenigſtens innerhalb der Grenzen eines ſtärkeren Tenors zu bewegen vermag. 920

Müller [2]) hat in dieſer Beziehung die Stimmbänder des Mannes, der Frau und eines 14jährigen Knaben in ihrer Länge von den Vocalfortſätzen der Gießbeckenknorpel bis zu dem Schildknorpel vergleichungsweiſe ſowohl im Zuſtande der Ruhe, als in dem der größtmöglichen Längenausſpannung gemeſſen und hierbei folgende Endreſultate erhalten.

Zuſtand.	Länge der Stimmbänder in Millimetern.								
	Mann.				Frau.				Vierzehnjähriger Knabe.
	Maximum	Minimum	Medium.	Zahl der Beobachtungen.	Maximum	Minimum	Medium.	Zahl der Beobachtungen.	
Ruhe.	21	16	18,5	4	14	12	12,66	3	10,5
Größte Längenausdehnung.	26	21	22,75	4	16	15	15,66	3	14,5

[1]) Müller über Compensation p. 29. 30. [2]) Physiologie S. 200.

Hiernach verhielt ſich durchſchnittlich die Länge der männlichen Stimmbänder zu der der weiblichen im Zuſtande der Ruhe = 18,5 : 12,66 = 1 : 0,6843 und in dem der Anſpannung = 22,75 : 15,66 = 1 : 0,6883, d. h. die Ligamenta vocalia des Mannes ſind ungefähr ⅓ Mal ſo lang, als die der Frau. Bei dem erſteren beträgt das Medium der möglichſten Spannung 1,230, bei der letzteren 1,237 des gewöhnlichen erſchlafften Zuſtandes. Die Verhältniſſe des 14jährigen Knaben ſtehen noch, wie es ſich auch theoretiſch erwarten läßt, hinter denen der Frau zurück.

921 So klar auch die weſentlichſten Functionen der unteren Stimmbänder durch die neueren Unterſuchungen von Lehfeldt, Cagniard-Latour und vorzüglich von Joh. Müller geworden ſind, ſo dunkel bleiben noch die Thätigkeiten der meiſten übrigen Theile der Stimmwerkzeuge. Offenbar bilden dieſe bloße Nebenapparate, welche zur Tönung überhaupt nicht abſolut nothwendig ſind. Denn manche von ihnen fehlen bei Thieren, welche eine ſehr vernehmliche Stimmbildung beſitzen. Bei dem Pferde und dem Eſel z. B. werden die vorderen (oberen) Stimmbänder rudimentär, während ſie, nicht aber die Morgagniſchen Taſchen bei dem Faulthiere fehlen. Beiderlei Gebilde endlich mangeln bei dem Schaafe, dem Ochſen, dem Schuppenthiere u. dgl. Daß wir aber die Beſtimmung dieſer Unterſtützungswerkzeuge minder genau kennen, hat vorzüglich darin ſeinen Grund, daß die Akuſtik ſelbſt über die Verhältniſſe der tönenden Theile der muſikaliſchen Inſtrumente eine genügendere Rechenſchaft, als über die der Reſonanz- und anderer Verſtärkungsmittel zu geben vermag.

922 Die Morgagniſchen Taſchen machen die oberen und vorzüglich die unteren Stimmbänder frei, beſeitigen auf dieſe Weiſe jedes Hinderniß der Schwingungen derſelben, das ohne ſie entſtehen müßte, und verſtärken, gleich den übrigen mitſchwingenden Theilen der Kehlkopfshöhle, die Reſonanz. Die Vibrationen ihrer Wandungen, ſowie der in ihnen enthaltenen Luft laſſen ſich auch an künſtlichen ähnlichen Vorrichtungen nachweiſen (Cagniard-Latour). Der beſondere Nutzen der oberen Stimmbänder iſt bis jetzt noch nicht ganz klar. Lehfeldt[1]) erhielt durch ſie bei dem Anſpruche an ausgeſchnittenen Kehlköpfen tiefere, durch die unteren Stimmbänder dagegen ſchärfere Töne. Jedoch ſcheint dieſe Differenz im Leben nicht in Wirkſamkeit zu treten. Ebenſo wenig compenſiren ſich die Ligamenta thyreo-arytaenoidea superiora und inferiora. Denn ein und derſelbe Kehlkopf gab bei dem Anblaſen den gleichen höchſten, durch das Maximum ſeiner Spannung erreichbaren Ton an, die Morgagniſchen Ventrikel nebſt den oberen Stimmbändern mochten vorhanden ſein oder nicht (Joh. Müller)[2]). Savart[3]) findet in dieſen nicht bloß Reſonanzwerkzeuge, ſondern auch Modificatoren der Stimmbildung, indem ihre ſtärkere Spannung den Ton erhöhen ſoll — eine Annahme, welche jedoch den oben erwähnten Müller'ſchen Beobachtungen widerſtreitet.

923 Daß der Kehldeckel bei der Erzeugung ſtärkerer Töne mitſchwinge, läßt ſich an lebenden Thieren mit Beſtimmtheit wahrnehmen (Magendie). Sein Einfluß auf den Klang der Stimme kann daher kaum einem Zweifel

---

[1]) a. a. O. p. 50. [2]) Ueber Compensation S. 30.
[3]) Annales de Chimie et Physique. Tome XXX. Paris, 1825. 8. p. 84.

unterliegen. Dagegen iſt es noch unentſchieden, ob die Epiglottis den Ton etwas zu erhöhen im Stande ſei oder nicht. Müller[1]) fand keine weſentliche Differenz, wenn er in einen künſtlichen nachgeahmten Kehlkopf einen Kehldeckel in entſprechender Weiſe befeſtigt oder herausgenommen hatte. Theoretiſch ließe ſich zwar, wenn die Epiglottis gleich einem Stopfer vor den Zungen des Kehlkopfes wirkte, ein Höherwerden des Tones erwarten. Allein auch ein ſolcher Erfolg trat kaum einige Male in merklicher Weiſe hervor[2]). Selbſt ein anderer Nutzen, welcher ſich mehr auf den Klang bezieht und den man dem Kehldeckel nach der Analogie der Verhältniſſe der Zungenpfeifen zugeſchrieben hat, bleibt noch zweifelhaft. Will man nämlich bei dieſen den Ton durch einen ſtärkeren Wind voller machen, ſo wird er zugleich höher, ſobald keine Compenſation durch die Zungen von ſelbſt Statt findet. Einem ſolchen Uebelſtande vermag aber dadurch abgeholfen zu werden, daß man unmittelbar über den letzteren innerhalb der Pfeife, z. B. einer Orgelpfeife, ein weiches elaſtiſches Blatt, ähnlich dem Kehldeckel, anbringt (Grenié). Man könnte ſich hiernach vorſtellen, daß die Epiglottis die Möglichkeit darbiete, den Ton zu ſchwellen, ohne daß er ſich deshalb nothwendiger Weiſe erhöhte oder eine compenſirende Abſpannung der Stimmbänder erforderlich würde (Magendie)[3]). Dieſe Hypotheſe iſt jedoch ebenſo wenig bewieſen, als widerlegt. Denn daß der Ton durch ſtärkeres Blaſen am todten Kehlkopfe mit oder ohne Epiglottis bis zu einer Quinte geſteigert zu werden vermag (Müller)[4]), iſt wohl kaum bei der Complication der Verhältniſſe als ein weſentliches Moment hervorzuheben.

Nach Mayer[5]) laſſen ſich die Veränderungen des Kehldeckels bei den verſchiedenen Tonbildungen durch Anlegen des Fingers an die Epiglottis unmittelbar beobachten. Sie tritt nämlich bei tiefen Tönen weiter nach unten und kehrt ihren freien Rand nach oben, während ſie ſich bei den höchſten nach vorn begiebt, eine horizontalere Lage annimmt und ſich an ihren Seitenrändern einrollt. Das letztere fand auch Noeggerath[6]) an dem oben (§. 909) erwähnten Manne, welcher eine Kehlkopffiſtel darbot.

Der Kehlkopf im Ganzen geht bei tiefen Tönen hinab, wird dagegen 924
umgekehrt bei ſehr hohen emporgezogen. Dieſe Veränderungen beziehen ſich aber mehr auf die Verhältniſſe der Nachbartheile, als auf die der unteren Stimmbänder ſelbſt.

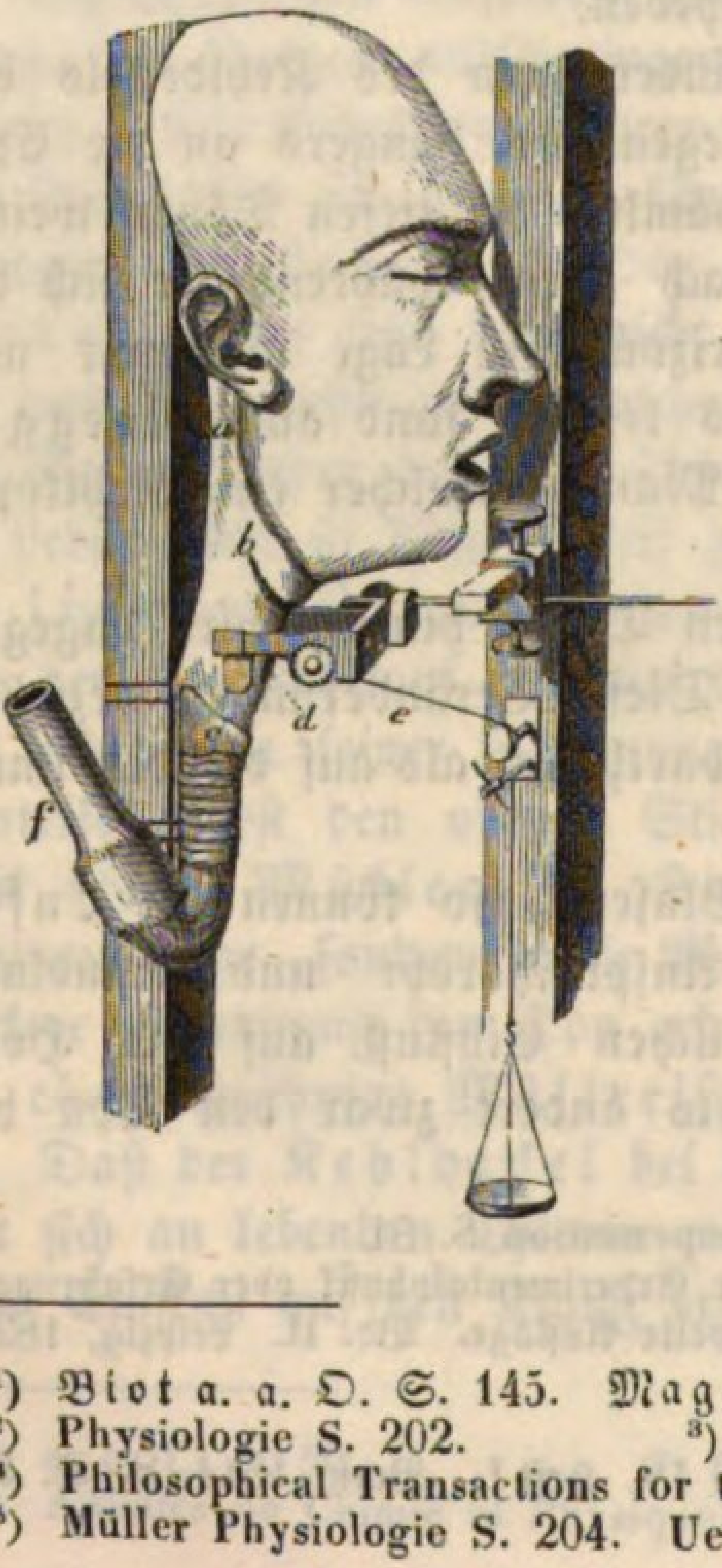
Abſtrahirt man von der Stärke des Blaſens, ſo können die Luft- 925
röhre und die Lungen, welche als Anſpruchsrohr und Windlade des Stimmorganes wirken, keinen erheblichen Einfluß auf die Höhe der Töne ausüben. Die Länge des Stiefels ändert zwar den Ton bei

[1]) Physiologie S. 205. [2]) Ueber Compensation S. 31.
[3]) Physiologie S. 110. J. B. Biot Lehrbuch der Experimentalphyſik oder Erfahrungs-Naturlehre, überſetzt von J. Th. Fechner. Zweite Auflage. Bd. II. Leipzig, 1829. 8. S. 144.
[4]) Physiologie S. 205.
[5]) Literariſches Archiv der Akademie zu Bern. Bd. IV. Heft I. Bern, 1814. 8. S. 54.
[6]) a. a. O. S. 7.

den Zungenwerken mit metallenen (Grenié)[1]) oder Kautſchukzungen (Müller)[2]) auf merkliche Weiſe. Allein bei den an menſchlichen Kehlköpfen angeſtellten Verſuchen zeigten ſich keine ſehr weſentlichen Differenzen, es mochte die Luftröhre ſelbſt oder ein Holzcylinder als Anſpruchsrohr dienen (Müller)[3]). Da nun zwar die Trachea, die Bronchi und die Bronchia contractil ſind, deren Zuſammenziehung aber keinen ſehr hohen Grad zu erreichen vermag, ſo läßt ſich höchſtens annehmen, daß dieſe Verhältniſſe nur in den äußerſten Fällen als ein irgend erhebliches Compenſationsmittel der Tonbildung gebraucht werden. Inwiefern übrigens die verſchiedenartigen Schwingungen der Knorpelringe und der zwiſchen und neben ihnen befindlichen Weichgebilde die Stimmbildung eigenthümlich geſtalten, iſt unbekannt. Ebenſo bedarf die Hypotheſe, daß die Schilddrüſe, wenn ſie durch die Sternohyoidei und Sternothyreoidei an die Luftröhre gedrückt wird, als Dämpfer wirke (Ch. Bell)[4]), näherer begründender Thatſachen in hohem Grade.

926 Der oberſte Theil der Schlundhöhle hat mit ſeinem doppelten Ausläufer, der Mund- und der Naſenhöhle, nur auf den Klang, nicht aber die Höhe des Tones einen Einfluß. Dieſes zeigt ſich ſchon an einem mit Kautſchukzungen verſehenen künſtlichen Kehlkopfe. Der Ton behält unter ſonſt gleichen Verhältniſſen dieſelbe Höhe, es mag ein einfaches oder doppeltes Anſatzrohr vorgeſchoben ſein. Ebenſo beſtätigt es ſich auch, wenn man die Luftröhre eines noch möglichſt vollſtändigen Kopfes anſpricht und nur die Stimmbänder die gehörige Spannung und die Stimmritze die nothwendige Schmalheit haben. Der Klang der Stimme wird dann bisweilen vollkommen der des lebenden Menſchen ähnlich (Müller)[5]).

Fig. 94.



Der Apparat, deſſen man ſich für dieſe verwickelteren Verſuche bedient, kann keineswegs bei der Complicirtheit der Verhältniſſe diejenige Präciſion, welche an iſolirten Kehlköpfen mit oder ohne die über den unteren Stimmbändern liegenden Theile möglich iſt, erlangen. Müller entfernt behufs ſolcher Unterſuchungen die Halswirbel und den hinteren Theil des Schädels, ſticht durch die Gießbeckenknorpel eine Nadel durch und umſchlingt ſie auf die ſchon früher erwähnte Weiſe mit Faden, um die Glottis respiratoria zu ſchließen. Nun kommt das Ganze an den Figur 94 dargeſtellten Apparat. Der unverletzte Pharynx ruht an dem Pfeiler. Unter dem Zungenbeine b und über dem Ringknorpel c wird ein Compreſſorium d, welches die Stimmbänder ſeitlich zuſammendrückt, angebracht. Die Wirkſamkeit dieſes Theiles des Apparates muß dann nach Verſchiedenheit der Umſtände modificirt

---

[1]) Biot a. a. O. S. 145. Magendie a. a. O. p. 108.
[2]) Physiologie S. 202. [3]) Ebendaſelbſt S. 202—204.
[4]) Philosophical Transactions for the Year 1832. London, 1832. 4. p. 302.
[5]) Müller Physiologie S. 204. Ueber Compensation S. 30.

werden. Von dem oberen Theil des Schildknorpels geht ein Faden e, welcher über einer Rolle läuft und zu einer Wagſchaale mit Gewichten führt. An die Luftröhre kommt ein Anſpruchsrohr f. Auf dieſe Weiſe können die Stimmbänder immer mehr angeſpannt und höhere Tonreihen erzielt werden. Will man die tiefere Bruſtſtimmbildung hervorbringen, ſo gelangt man noch nicht zum Zwecke, wenn man nur den Zugfaden e hinwegläßt. Denn ſelbſt in dieſem Falle bleiben die Stimmbänder durch die Schwere der darüber liegenden Theile und die Elaſticität des Ligamentum crico-thyreoideum medium zu ſehr geſpannt. Es wird daher eine künſtliche Erſchlaffung der Ligamenta vocalia durch einen von dem Schildknorpel ausgehenden Gegenfaden, wie dieſes §. 912 geſchildert worden, nothwendig.

Durch immer zunehmende Spannung der Bänder ſtiegen auf dieſe Weiſe die Töne von $\bar{\text{e}}$ bis $\overline{\overline{\overline{\text{dis}}}}$, während ſie durch künſtliche Abſpannung von $\overline{\text{dis}}$ bis H herabgingen. Von Vocalen gelangen dann durch entſprechende Veränderungen der Mundöffnung a und u, von Konſonanten durch Bewegung der Lippen m und w.

Der **Umfang**, deſſen das menſchliche Stimmorgan fähig iſt, fällt bei verſchiedenen Perſonen verſchieden aus. Schon die tägliche Erfahrung lehrt, daß die Töne der Kinder und Frauen höher als die des Mannes liegen, daß ſich jene mehr der Halsſtimme und dem Falſet, dieſe der Bruſtſtimme und dem Baß nähern. Sucht man dieſe Verhältniſſe nach den Forderungen der Muſiker genauer zu beſtimmen, ſo reicht der Sopran von $\overline{\overline{\overline{\text{c}}}}$ bis $\bar{\text{c}}$ oder angeblich von $\overline{\overline{\overline{\text{f}}}}$ bis $\overline{\overline{\text{c}}}$ [1]), der Mezzo-Sopran von $\overline{\overline{\text{a}}}$ bis $\bar{\text{e}}$, der Alt von $\overline{\overline{\text{f}}}$ bis $\bar{\text{f}}$, der Tenor von $\overline{\overline{\text{c}}}$ oder $\bar{\text{a}}$ bis c, der Baryton von $\bar{\text{f}}$ bis A und der Baß von a bis E. Hiernach umfaßt alſo der Sopran 2 bis $2^3/_7$, der Mezzo-Sopran $1^4/_7$, der Alt 2, der Tenor 2 bis $1^6/_7$, der Baryton $1^6/_7$ und der Baß etwas mehr als 2 Octaven. Eine zum Singen taugliche Stimme kann ſich innerhalb 2 bis $2^1/_2$ Octaven in reinen muſikaliſchen Tönen bewegen. Ausnahmsweiſe ſteigen dann noch die Grenzen weit höher, und ausgezeichnete Sängerinnen, wie z. B. die Catalani, erreichten ſelbſt $3^1/_2$ Octaven. Die Seſſi konnte von $\overline{\overline{\overline{\text{f}}}}$ bis c hinabgehen. Starke Baſſiſten gelangen bisweilen zu ſehr tiefen Tönen, ſo z. B. der ältere Fiſcher zu $\underline{\text{F}}$ (Muncke) [2]), d. h. faſt eine Octave tiefer, als der gewöhnliche Baß. 927

Die Zahl der Schwingungen, welche bei den Tönen des menſchlichen Stimmorganes zu Stande kommen, läßt ſich höchſtens annähernd beſtimmen. Hält man ſich nämlich an die neueren Reſultate, welche durch die Syrene von Cagniard la Tour und das Räderwerk von Savart [3]) geliefert worden, ſo giebt das a der gewöhnlichen Stimmgabel oder das $\bar{\text{a}}$ des Geſanges 880 einfache Schwingungen in der Secunde. Dieſe Zahl reducirt ſich bei dem nächſten tieferen entſprechenden Octaventone auf die Hälfte, bei dem folgenden höheren auf das Doppelte. Die in jeder Oc- 928

[1]) Dieſe Annahme rührt von Muncke her. Es iſt mir jedoch in der Erfahrung kein ſicherer Beleg der Art bis jetzt bekannt geworden.

[2]) Gehler's physikaliches Wörterbuch Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 386.

[3]) Darſtellungen dieſer nicht ferner hierher gehörenden Apparate finden ſich in Pouillet Lehrbuch der Phyſik und Meteorologie für deutſche Verhältniſſe frei bearbeitet von Joh. Müller. Bd. II. Braunſchweig, 1843. 8. S. 51—55. Fig. 601—607. Vergl. auch Gehler's physikalisches Wörterbuch Bd. VIII. Fig. 144. 45.

tave zwiſchenliegenden Töne aber geſtalten ſich dann, wenn der Grundton x Schwingungen macht, nach folgenden Cardinalwerthen:

a	h	c	d	e	f	g	$\overline{a}$
x	1,125 x	1,25 x	1,33...x	1,5 x	1,66..x	1,875 x	2 x

Legen wir dieſe Verhältniſſe als approximative zum Grunde, ſo ergiebt ſich die nachfolgende Berechnung der Schwingungsmenge der Tonhöhen, in welchen das menſchliche Stimmorgan in der Regel aufzutreten vermag:

Stimmweiſe.	Grenze der Töne.	Zahl der Schwingungen in der Secunde.
Sopran.	$\overline{\overline{\overline{c}}}$ bis $\overline{c}$	2075 bis 550.
	$\overline{\overline{\overline{f}}}$ bis $\overline{c}$	2766,6 bis 550.
Mezzo-Sopran.	$\overline{\overline{a}}$ bis $\overline{e}$	1660 bis 660.
Alt.	$\overline{\overline{f}}$ bis $\overline{f}$	1466,6 bis 733,3.
Tenor.	$\overline{\overline{c}}$ bis c	1100 bis 275.
	$\overline{a}$ bis c	880 bis 275.
Baryton.	$\overline{F}$ bis A	733,3 bis 220.
Baß.	a bis E	440 bis 165.

Natürlicher Weiſe ſind dieſes noch nicht die bei einzelnen ſeltenen Individuen möglichen Größen. Denn das oben erwähnte $\underline{F}$ des Baſſiſten Fiſcher giebt 91,6 Vibrationen, während es wahrſcheinlich ſehr ausgezeichnete Sängerinnen bis circa 4000 Oscillationen bringen können.

Nimmt man an, daß die Stimme der Männer in der Regel von g bis $\overline{\overline{g}}$, die der Frauen dagegen von $\overline{d}$ bis $\overline{\overline{\overline{c}}}$ geht, ſo macht die erſtere 412,5 bis 1650, die letztere dagegen 586,6 bis 2075 Schwingungen in der Secunde [1]).

929 Die über die Stimmbildung des Menſchen und der höheren Thiere herrſchenden Vorſtellungen wechſelten in ihrer definitiven Begründung je nach dem Fortſchritte der akuſtiſchen und phyſiologiſchen Kenntniſſe. Es läßt ſich gegenwärtig mit Beſtimmtheit annehmen, daß die unteren Stimmbänder ein Zungenwerk, deſſen Tönung durch die Schwingung der Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora und die iſochroniſchen Stöße der durch die Stimmritze hervordringenden Luft bedingt wird, darſtellen [2]). Die übrigen Theile dagegen bilden das Anſpruchsrohr und die Anſatz-

[1]) Nach Pouillet-Müller (a. a. O. S. 55) würden die Schwankungen des menſchlichen Stimmorganes 396 bis 2113 betragen.

[2]) A. Seebeck in dem Repertorium der Physik. Bd. VI. Berlin, 1842. 8. S. 76. 77.

oder Verſtärkungs- oder Reſonanzapparate. In Betreff ihrer müſſen noch von der Zukunft weſentliche Detailaufſchlüſſe erwartet werden.

Prüfen wir die verſchiedenen Theorien, welche ſeit den letzten anderthalb Jahrhunderten aufgeſtellt worden und auf vorausgehenden Verſuchen beruhten, genauer, ſo finden wir, daß die Verſchiedenheit der Worte, welche zu ihrer Bezeichnung gebraucht wurde, größer als die der Anſchauungen, welche man durch ſie ſelbſt wiedergeben wollte, erſcheint. Denn die letzteren reduciren ſich am Ende darauf, daß man entweder die Durchmeſſerverhältniſſe der Stimmritze oder die Spannung der Stimmbänder für das Weſentliche anſah. Abſtrahiren wir von den älteren auf keinen beſtimmten Verſuchsreihen baſirten Anſichten [1]), ſo ſuchte zuerſt Ferrein [2]) durch künſtlichen Anſpruch der Kehlköpfe des Menſchen, des Hundes, des Ochſen und des Schweines zu zeigen, daß die auf dieſe Weiſe hervorzubringenden Töne denen der entſprechenden lebenden Geſchöpfe in hohem Grade gleichen und die einzelnen Unterſchiede derſelben nicht ſowohl von der Größe der Stimmritze, als der Spannung der Stimmbänder herrühren. Er verglich daher die letzteren mit Saiten und ſah in dem Stimmorgane eine Combination eines Saiten- und Blasinſtrumentes, wie es bis jetzt noch nicht auf künſtlichem Wege conſtruirt worden. Im Grunde genommen betrachtete aber auch Ferrein [3]) die Schwingungen der Stimmbänder und die iſochroniſchen Stöße der Luftſäule als die Urſachen der Tonbildung. Eben ſo ſchrieb Chladni die letztere der Reibung der Luft bei dem Durchgange durch die Glottis und den dadurch erzeugten Vibrationen der Ligamenta vocalia zu und verglich ſpäter [4]) das Stimmorgan geradezu mit einem Zungenwerk. Liskowius [5]) dagegen ſuchte durch eine Reihe von Verſuchen die ſchon früher von Fabricius ab Aquapendente und Dodart geäußerte Vorſtellung, daß die Glottis das weſentliche Stimmwerkzeug ſei, zu ſtützen. Die Größe und Form der Stimmritze ſtelle die Urſache, die Schwingung der Stimmbänder dagegen die Folge der Tonbildung dar. Dieſe Beobachtungen wurden ſpäter von Lehfeldt [6]) und Joh. Müller widerlegt, und allmählig vereinigten ſich die Anſichten von Biot, Magendie, Cagniard-Latour, Malgaigne, R. Willis, G. Weber, Joh. Müller, Seebeck dahin, daß wir im Weſentlichen in unſerem Stimmorgane ein Zungenwerk in der oben geſchilderten Weiſe beſitzen. Zur Befeſtigung dieſer Anſicht trug noch bei, daß Henle und Joh. Müller tönende Zungen aus elaſtiſchen thieriſchen Häuten, z. B. aus den Wandungen der Arterien conſtruirten und Cagniard-Latour und Joh. Müller paſſende künſtliche Nachahmungen von Kehlköpfen verfertigten [7]). In neuerer Zeit ſprach nur Duttenhofer für einen größeren Antheil der Luftſchwingungen an der Stimmbildung. Die von Savart [8]) aufgeſtellte Theorie, daß die Vibrationen der Kehlkopfventrikel und beſonders der in ihnen enthaltenen Luft den Ton hervorbringe, hatte ſich mit theilweiſer Ausnahme von Bennati keiner beſonderen Anhänger zu erfreuen.

930 Jeder Menſch bringt bei den gewöhnlichen Thätigkeiten ſeiner Stimmwerkzeuge die mittleren ihm möglichen Tonbildungen hervor, weil dieſe am leichteſten erzeugt und mit der geringſten Anſtrengung längere Zeit hindurch wiederholt werden können. Daher auch der Mann meiſtentheils ſeine Tenor-, die Frau dagegen ihre Alttöne gebraucht. Während aber die Höhe von dieſen in geringerem Umfange wechſelt, charakteriſirt ſich

---

1) Eine Zuſammenſtellung derſelben findet ſich bei C. Lehfeldt, Nonnulla de vocis formatione. Berolini, 1835. 8. p. 26 fgg.
2) Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Année 1751. Paris, 1754. 4. p. 417.
3) a. a. O. p. 52 u. p. 416.
4) Gilbert's Annalen der Physik und physikalischen Chemie. Bd. XVI. S. 188.
5) K. F. S. Liskowius, Theorie der Stimme. Leipzig, 1814. 8. S. 28—37.
6) a. a. O. S. 59. 60.
7) Abbildungen des von Müller angegebenen künſtlichen Kehlkopfes finden ſich in deſſen Schrift: Ueber Compensation der physischen Kräfte am menschlichen Stimmorgan. Taf. IV. Fig. 37—39. und in dem Repertorium der Physik. Bd. VI. Taf. I. Fig. 31.
8) Annales de Chimie et Physique. Tome XXX. 1825. 8. p. 64—87.

die **Stärke** und der **Klang** der Stimme bei jedem Menſchen auf eigenthümliche Art, weil dieſe Momente von der Kraft und dem Gebrauche der Lungen, der Größe des Kehlkopfes und der Beſchaffenheit des Mund- und Naſenkanales abhängen.

Natürlicher Weiſe werden die Stimmbänder nur dann tönen, wenn alle Bedingungen, welche für Zungenwerke nothwendig ſind, eintreten. Kann z. B. die Stimmritze nicht mehr ſpaltenartig verengt werden, ſo wird keine ordentliche Tonbildung, ſondern höchſtens ein Raſſeln oder ſchnarchendes Tönen bei ſtarkem Anſpruche möglich ſein. Da ſolche Stimmfehler durch Abnormitäten der Muskeln, die Thätigkeit von dieſen aber durch krankhafte Zuſtände der oberen und unteren Kehlkopfsnerven meiſtentheils bedingt werden, ſo werden ſie, wie einzelne andere der bald zu erwähnenden Verhältniſſe, in der Phyſiologie des Nervenſyſtemes ihre Erläuterung finden. Iſt umgekehrt die Stimmritze möglichſt verengt, ſo müſſen alle Töne, welche durch irgend hinreichend ſtarken Wind erzeugt werden, hell, fein und gellend ſein und je nach der plötzlichen Verſtärkung des Anſpruches oder der momentanen Abſpannung der Stimmbänder augenblicklich überſpringen. Eine ungleiche Anſpannung der beiderſeitigen Ligamenta vocalia muß je nach der Größe und Form der Stimmritze entweder Stimmloſigkeit oder unreine Tonbildungen zur Folge haben. Jede Zerſtörung der Stimmbänder, jedes Moment, welches die Unmöglichkeit ihrer gehörigen Spannung bedingt, wird die Stimme ſogleich afficiren oder bis zur Lautloſigkeit herabſetzen. Eben ſo ſcheint auch eine gehörige Bekleidung dieſer Zungen mit Schleim zur Normalthätigkeit nothwendig zu ſein. Wenn z. B. in den pathologiſchen Werken angenommen wird, daß die Heiſerkeit oder Stimmloſigkeit, welche wir im Anfange von Katarrhen, bei Kehlkopf- oder Luftröhrenentzündung u. dgl. wahrnehmen, von der Trockenheit der Stimmbänder herrühre, ſo widerſpricht eine ſolche Anſicht den phyſiologiſchen Kenntniſſen. Allerdings geben künſtliche Zungen, welche z. B. aus Arterienhäuten verfertigt ſind, ſobald die letzteren vertrocknen, keine Töne mehr an. Daſſelbe iſt auch, wie wir §. 910 geſehen haben, bei dem Anſpruche des ausgeſchnittenen Kehlkopfes unter ähnlichen Verhältniſſen der Fall. Wenn aber ſelbſt alle Schleimabſonderung mangelte, ſo könnten doch die Stimmbänder nie austrocknen, weil ſie fortwährend Ernährungsflüſſigkeit zugeführt erhalten und die ausgeathmete Luft mit Waſſerdampf geſättigt iſt. Inwiefern aber der Schleimüberzug derſelben auf die Tönung einwirke, ob er nicht, ſobald er eine bedeutendere Conſiſtenz erhält, dämpft oder ſogar die Schwingungen vermindert, iſt noch genauer zu prüfen. Daß z. B. Schleimanhäufungen auf oder Kalkabſätze in den Stimmbändern die letztere Wirkung hervorrufen, verſteht ſich von ſelbſt.

Jede Abweichung der modificirenden oder reſonirenden Stimmapparate muß natürlich die Tonbildung verändern. Gerade in dieſer Beziehung hat die ärztliche Erfahrung bis jetzt weniger genau geprüft oder durch phantaſtiſche Vorſtellungen mehr geſchadet als genützt. Eine Ueberfüllung der **Morgagniſchen** Ventrikel mit Schleim oder Eiter wird natürlich Heiſerkeit zur Folge haben. Jede Krankheit der Luftröhre und der Lungen, welche die Bildung eines gehörig ſtarken Windes verhindert, muß ſogleich die Töne ſchwächen oder unmöglich machen. Sind die Kehlkopfknorpel verknöchert, ſo erhalten jene etwas Dumpfes und auffallend Reſonirendes, oder werden auch wohl ziſchend (**Soemmering**) [1]. Wird der Rachendurchgang durch eine bedeutende Anſchwellung der Mandeln zu eng und geben ſeine Theile den Stößen zu wenig nach, ſo wird die Reſonanz der Stimme dieſe Verhältniſſe ſogleich anzeigen. Sie klingt ähnlich, als wenn fremde analoge Widerſtände bedingende Körper, z. B. Klöße, im Munde wären. Eben ſo müſſen abnorme Oeffnungen im harten Gaumen oder Zerſtörungen des weichen Gaumens, des Knochengerüſtes der Naſe u. dgl. den Klang der Stimme näſelnd machen und bis zur Unkenntlichkeit modificiren. Allein bis jetzt hat die praktiſche Medicin alle ihr zu Gebote ſtehenden Erſcheinungen mehr nach der unmittelbaren Erfahrung als wiſſenſchaftlich ſtudirt. Einen deutlichen Beleg hierfür liefern z. B. die verſchiedenen Angaben, welche über die Folgen der Verſchwärung des Kehldeckels gemacht worden.

---

[1]) **S. T. Soemmering, de corporis humani fabrica. Tom. VI. Traj. ad Moen. 1801. 8. p. 117.**

Nach unſeren gegenwärtigen Kenntniſſen könnte dieſe nur in den §. 918 erwähnten Ausnahmsfällen die Höhe der Töne afficiren. Sie müßte aber immer auf den Klang von Einfluß ſein. Die ärztliche Erfahrung hat jedoch bis jetzt noch keine irgend genaueren Verſuche, welche auch auf die phyſiologiſchen Vorſtellungen einwirken könnten, in dieſer Hinſicht geliefert.

Daß die Entfernung des die freie Schwingung der Stimmbänder oder die Reſonanz hindernden Schleimes die Abnormität der Stimme verbeſſere, verſteht ſich von ſelbſt. Ob aber ſchleimige Subſtanzen, wie Zuckerlöſung, Gerſtenſchleim u. dgl., welche wir bei Katarrhen zur Erleichterung des Auswurfes nehmen, wie behauptet worden (Mayer)[1], durch den hinterſten Theil der Glottis respiratoria in die Luftröhre hinabgehen und ſo durch ihren unmittelbaren Reiz Expectoration bewirken, ſteht dahin.

Die ſtethoſkopiſche Unterſuchung der Stimme kann uns in verſchiedenen Krankheiten mehrfache Aufſchlüſſe geben. Natürlicher Weiſe müſſen die Luftröhre, die Bronchi und die Bronchia mit der in ihnen enthaltenen Atmoſphäre eine ſecundäre Conſonanz der Stimmtöne um ſo eher veranlaſſen, je feſter ihre Wandungen ſind und je weniger ſie ausweichen. Dieſe Bedingungen ſind der Knorpelringe wegen in der Luftröhre und den Bronchis eher als in den Bronchiis erfüllt. Wir hören daher die Stimme am Thorax ſchwächer, ſelbſt wenn wir das Stethoſkop anſetzen, oder ſie tönt nur an einzelnen Stellen ſtark und mit eigenthümlichem brummenden Timbre. So wie dagegen Veranlaſſungen, welche eine größere Verdichtung oder Reſonanz bedingen, z. B. durchgreifende zuſammenhängende Exſudate, Verhärtungen in den Lungen u. dgl. exiſtiren, kann ſich die Reſonanzerſchütterung dergeſtalt verſtärken, daß man ſie nicht nur durch das Stethoſkop beſſer wahrnimmt, ſondern daß auch die Vibrationen dem angeſetzten Ohre oder der aufgelegten Hand deutlich fühlbar werden. Größere, mit dichteren Wandungen verſehene Höhlungen bilden eigene Reſonanzwerkzeuge, welche ſich eben durch ihren Wiederhall bei der Auscultation charakteriſiren. Ueber dieſe Verhältniſſe ſ. J. Skoda, Abhandlung über Percussion und Auscultation. Zweite Auflage. Wien, 1842. 8. S. 30 fgg.

Die muſikaliſchen Tonbildungen unſeres Stimmorganes charakteri- 931
ſiren ſich vorzüglich dadurch, daß die beabſichtigten Töne möglichſt rein hervorgebracht, die durch die Normen der Muſik vorgeſchriebene Zeitdauer ausgehalten, in berechneten Zwiſchenräumen ausgeſtoßen und mit den paſſenden Graden von Stärke und Klang modulirt werden. Es entſteht auf dieſe Weiſe der Geſang, bei welchem daher ein gutes geübtes Stimmorgan, ein muſikaliſches Gehör, Aufmerkſamkeit auf die gegebenen Tonweiſen und Geiſt und Gemüth, um die letzteren ausdrucksvoll wiederzugeben, concurriren. Ein nicht ſehr ausgebildeter Stimmapparat erfüllt ſchon meiſt deshalb nicht dieſe Erforderniſſe, weil ſein Umfang zu klein ausfällt und Töne, die z. B. die Grenzen von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Octaven überſchreiten, unrein, ziſchend oder kreiſchend oder gar nicht mehr hervorgebracht werden. Daß ähnliche Uebelſtände bei krankhaften Zuſtänden der Stimmwerkzeuge eintreten, verſteht ſich von ſelbſt. Allein wenn ſogar keine Hinderniſſe der Art exiſtiren, kann der Mangel eines muſikaliſchen Gehöres, der entweder in urſprünglichen Verhältniſſen des Gehörorganes oder in fehlerhafter Erziehung zu liegen vermag, alle irgend bedeutungsvollen Verſuche zum Singen vernichten. Es giebt Menſchen, die bei dem Sprechen eine ſehr ſchöne Stimme beſitzen, denen aber jeder wohlklingende Geſang aus den eben angeführten Gründen unmöglich wird.

In noch bedeutenderen Wettſtreit aber treten hier wie überall Schule und Geiſt. Individuen, deren höhere Fähigkeiten keinen bedeutenden Grad

[1] F. J. C. Mayer, neue Unterſuchungen aus dem Gebiete der Anatomie und Phyſiologie. Bonn, 1842. 4. S. 6.

erreichen, können ſo ſingen, daß die ſtrengſten Forderungen der Theorie befriedigt werden, ohne daß ihr Vortrag irgendwie anſpricht und das Kalte, Unbeholfene, welches alles Gemüthloſe begleitet, überwindet. Tritt dieſer Unterſchied ſchon bei dem bloßen Spielen muſikaliſcher Inſtrumente, vorzüglich der ausdrucksvolleren, wie der Violine, des Violoncell u. dgl. deutlich hervor, ſo iſt der größte Spielraum für ſolche Wirkungen in unſerem Stimmorgane gegeben. Nicht nur der Mangel an Geiſt, ſondern jede eigenthümliche Richtung deſſelben, jede Affectation, jede beherrſchende Leidenſchaft hallen hier dem aufmerkſamen Zuhörer, wenn er ſelbſt kein Muſiker iſt, deutlich wieder. Aus dieſem Grunde entſchädigen auch immer talentvollere Sänger und Sängerinnen für die Fehler der Schule durch die höheren Regungen, welche ſie veranlaſſen, in hinreichendem Maaße.

932 Die Verſchiedenheiten der Geſangweiſen, welche wir bei Kindern und erwachſenen Frauen und Männern antreffen, beziehen ſich zwar ebenfalls auf die Höhe der Töne. Kinder und Frauen halten ſich in der Regel, wie ſchon angeführt wurde (§. 927), in Discant oder Sopran und Alt, Männer dagegen in Tenor und Baß. Als Mittelbildung der erſteren erſcheinen der Mezzo-Sopran, als ſolche des letzteren der Baryton. Allein nicht dieſe Momente, ſondern der eigenthümliche Klang (Timbre) der Stimme iſt hierbei die Hauptſache. Gleichwie die beſondere Beſchaffenheit und Stellung der einzelnen Stücke jedem muſikaliſchen Inſtrumente ſeine individuelle Tönung verleiht, wie dieſe mehr von den reſonirenden Nebentheilen als von den Spannungsverhältniſſen ſelbſt abhängt, ſo iſt das Gleiche bei unſerem Stimmorgane der Fall. Deshalb bietet auch jeder Menſch in dieſer Beziehung Eigenthümlichkeiten dar, welche die Akuſtik, wie bei den muſikaliſchen Inſtrumenten, nur dann genügend erklären könnte, wenn die nothwendigen Präliminarverſuche über die ſchwingenden Subſtanzen und Räume ſelbſt gegeben wären.

933 Im Allgemeinen gilt wahrſcheinlich als Regel, daß kleinere Kehlköpfe mit kürzeren Stimmbändern und weniger winkligem Schildknorpel zu höheren Tönen geeigneter ſind. Dieſe Bedingungen ſind zunächſt im Kindesalter realiſirt. Der Discant mit ſeinem eigenthümlichen zarten Klange bildet daher hier die regelmäßige Geſangweiſe. Vergrößert ſich aber der Kehlkopf zur Pubertätszeit, werden hierdurch die Stimmbänder länger, die Stimmritze größer, die nächſten Reſonanzſtücke feſter und umfangreicher und der Winkel des Schildkorpels ſpitzer, ſo ändert ſich auch die Stimmbildung. Sie wird bei dem Manne tiefer und rauher, weil hier die genannten Metamorphoſen weit ſtärker als bei der Frau eingreifen. Während der Uebergangszeit aber ſind die Töne, welche hervorgebracht werden, minder rein, oft heiſer und meiſt von geringerem Umfange, d. h. die Stimme bricht ſich. Die Zeitdauer dieſes Ueberganges fällt übrigens bei verſchiedenen Menſchen ſehr verſchieden aus. Nach derſelben kann eine Stimme um mehrere Töne an Umfang gewinnen. Dieſer Vortheil tritt meiſt bei ſehr ausgezeichneten Sängern oder Sängerinnen in ziemlich auffallender Weiſe hervor.

Mit zunehmendem mittleren Alter gewinnt die Stimme immer mehr

an Kraft und Feſtigkeit, bis ſie endlich ſpäter wieder abnimmt, unſicherer, zitternder und zum Geſange untauglich wird. Die letzteren Verhältniſſe bedürfen noch ſpeciellerer Detailunterſuchungen. Wahrſcheinlich übt das Aufhören der Menſtruation auf die Stimme der Frauen, wenn ſie nicht ſchon früher ruinirt worden, einen weſentlichen Einfluß aus.

Für die Ausbildung der Stimme gilt die Vorſchrift, daß man während des Brechens derſelben allen Geſang unterlaſſe. Das Singen iſt zwar dann oft nicht unmöglich. Allein indem hierbei die regelrechte Entwickelung durch zu große Anſtrengung geſtört wird, erlangen die ſpäteren bleibenden Töne weder einen großen Umfang, noch einen angenehmen Klang. Ein Bruder des Componiſten Donizetti beging die Unvorſichtigkeit, die Geſangſtudien während jener Uebergangsperiode fortzuſetzen und verlor ſeine Stimme, während ſich dieſe bei einem ähnlich begabten Mitſchüler deſſelben, welcher zu jener Zeit ruhte, auf das Schönſte entwickelte (Bennati) [1]).

Wird die geſchlechtige Entwickelung auf irgend eine Weiſe gehemmt, ſo fehlt auch die gleichzeitig eintretende Ausbildung des Kehlkopfes. Die Stimme bleibt daher fein und hoch und erlangt ſelbſt nicht das Angenehme und Volle, welches die gewöhnlichen Frauenſtimmen darbieten. Jene Tönung der Stimmwerkzeuge, die man, wenn man ſie ein Mal gehört hat, ſogleich wieder erkennt, jene Fiſtelſprache oder bei geringerem Grade jenes augenblickliche Ueberſpringen aus den gewöhnlichen hohen Fiſteltönen in eine tiefe Baßſtimme kann uns oft als Merkmal dienen, um ſeit früher Jugend impotente Männer, welche häufig ſehr groß und ſelbſt muskulös oder fett ſind, zu erkennen. Bekanntlich hat auch das menſchliche Raffinement dieſe Verhältniſſe zu benutzen geſucht, indem es Caſtraten zu öffentlichen Sängern gebrauchte. Allein wenn dieſe auch die Höhe der Kinderſtimmen um ſo eher beibehalten, je früher ſie verſchnitten worden, ſo beſitzt doch ihr Geſang für jeden geſunden Sinn etwas ſehr Widerliches und Abſtoßendes, weil ihm der ſchöne Klang guter Diſcant- oder Sopranſtimmen fehlt und ſeinen feinen Tönen etwas Schrillendes beigemiſcht iſt. Als Urſache dieſes Uebelſtandes läßt ſich mit Wahrſcheinlichkeit annehmen, daß einerſeits die Größe der Bruſt und anderſeits die der reſonirenden Anſatztheile, der Mund- und Naſenkanäle, mit der Kleinheit des Kehlkopfes in keinem gehörigen Verhältniſſe ſtehen. Denn die Entwickelung jener Nebenapparate wird nicht durch den Mangel der Hoden in demſelben Grade, wie die des Larynx aufgehalten (Liskowius) [2]).

Bei dem Geſangunterrichte unterſcheidet man in der Regel die Bruſt-, 934
die Hals- und die Kopfſtimme. Jene umfaßt die tieferen Tonbildungen, während ſich die beiden letzteren auf die höheren beziehen. Wiewohl aber dieſe Differenz praktiſch mehr oder minder hervortritt, ſo bezieht ſie ſich doch eher auf Nebenverhältniſſe des Klanges und der ſcheinbaren Erzeugung der Töne, als auf tiefere Eigenthümlichkeiten derſelben. Die Halsſtimme fängt keineswegs erſt da an, wo die Bruſtſtimme aufhört, ſondern es giebt Töne, welche bei gehöriger Uebung mit beiderlei Stimmweiſen von demſelben Individuum geſungen werden können. Der Unterſchied zeigt ſich äußerlich in der Geſchwindigkeit, mit welcher ungefähr daſſelbe Quantum Luft behufs der Modulation des gleichen Tones hervorgeſtoßen wird. Athmete z. B. ein Sänger möglichſt tief ein und ſang dann eine beſtimmte Note mit der Bruſtſtimme, bis er alle disponible Luft verbraucht hatte, ſo machte indeß das Metronom 24 bis 26 Schwingungen, während ſich unter den analogen Verhältniſſen nur 16 bis 18 Oscillationen zeigten, wenn derſelbe Ton mit der Fiſtelſtimme geſungen wurde (Manuel Garcia) [3]).

[1]) Annales des sciences naturelles. Tome XXIII. Paris, 1831. 8. p. 53.
[2]) a. a. O. S. 54.
[3]) Gazette médicale de Paris. Tome IX. Paris, 1841. 4. p. 270.

Die Unterſcheidung der Hals- und der Kopfſtimme iſt noch relativer. Sie beruht nur auf dem verſchiedenen Gebrauche der Reſonanzwerkzeuge, welche über den Stimmbändern liegen.

Die Differenz der Bruſt- und der Fiſtelſtimme tritt im Allgemeinen bei dem Manne ſchärfer als bei der Frau hervor.

Jedes der beiden Hauptregiſter der Bruſt- wie der Fiſteltöne kann auf zweifache Art modulirt werden, entweder hell (Voix clair, Voix blanche) oder gedämpft oder verhüllt (Voix sombrée). Dieſe Modificationen werden durch Veränderungen der Reſonanzapparate bewirkt. Bei der hellen Stimme nämlich hebt ſich der Kehlkopf, ſobald die Töne höher werden. Das Gaumenſegel dagegen behält conſtant eine niedergeſenkte Lage. Bei der gedämpften Stimme verharrt der Larynx in ſeiner tiefen Lage und das Gaumenſegel erſcheint emporgezogen. Der erſtere ſteigt höchſtens ein wenig, ſobald die feineren Töne der Kopfſtimme hervorgebracht werden (Garcia).

Eine eigenthümliche Erſcheinung zeigt ſich endlich bei einem beſondern Regiſter, welches in neuerer Zeit mit dem Namen des Contre-Baſſes bezeichnet worden, und welches ruſſiſche Sänger bei religiöſen Vorträgen gebrauchen. Statt daß nämlich der Kehlkopf bei den tiefen Bruſttönen hinabgeht, ſoll er im Gegentheil bei den tiefſten Noten dieſes Contrebaßregiſters ſo hoch als möglich emporgezogen werden (Garcia). Jedoch bilden ſich hierbei leicht ſehr rauhe Stimmweiſen, welche eher Thierlauten gleichen (Magendie, Savary, Dutrochet) [1].

Wie wir zum Theil ſchon früher (§. 912) ſahen, laſſen ſich mehr Regiſter, als der lebende Menſch in reinen Tönen hervorzubringen im Stande iſt, durch Anſprechen der Stimmbänder des todten Kehlkopfes erhalten. Auf dieſe Weiſe ergaben ſich z. B. als beiderſeitige Grenzen H und $\overline{\overline{\overline{\text{dis}}}}$, d. h. $3\frac{2}{7}$ Octaven, mithin eine Weite, welche nur den ausgezeichnetſten Sängern möglich iſt. Der Grund dieſer größeren Beſchränkung im Leben liegt wahrſcheinlich darin, daß nicht die Muskeln des Kehlkopfes jene hohen Grade von Anſpannung und vorzüglich von Abſpannung der Stimmbänder erzeugen können, welche man an dem todten Kehlkopfe durch Veränderung der Stellung des Schildknorpels zu bedingen vermag. Daß aber das Regiſter vorzüglich nach oben bei jedem Menſchen bedeutend in die Höhe getrieben werden könne, werden wir in der Folge bei Erläuterung des Schreiens finden.

Viele Erſcheinungen, welche uns bei Geſangübungen häufig begegnen, erklären ſich leicht aus den Normen der Muskelthätigkeiten, welche wir in der Lehre von den Bewegungen kennen gelernt haben. Ein Menſch, der zu ſingen anfängt, detonirt leicht, weil die Muskeln ſeines Kehlkopfes noch nicht die gehörige Uebung beſitzen, um auf entſprechende Weiſe die Stimmbänder zu ſpannen und die Glottis einzurichten. Eben ſo iſt er im Anfange genöthigt, manche Töne durch die Kopfſtimme hervorzubringen, welche er ſpäter mittelſt der Halsſtimme zu erzeugen im Stande iſt. Aus demſelben Grunde erweitert ſich auch in manchen Fällen der Umfang ſeiner Stimme, wenn er im Geſange fortſchreitet. Er lernt zugleich aus einem Regiſter in das andere überſpringen, um heterogene entfernt liegende Töne raſch hinter einander folgen zu laſſen. Sind aber die Muskeln eines Sängers zu ſehr angeſtrengt worden, ſo ermüden ſie nicht nur leicht, ſondern gehorchen auch ſchwerer ſeinem Willen. Die Stimme zittert oder detonirt dann faſt eben ſo leicht wie bei einem Anfänger, oder verſagt ſogar faſt gänzlich.

Nach einigen Geſanglehrern ſollen bisweilen bei ſtärkeren Anſtrengungen des Singens Nebentöne entſtehen. Vorzüglich leicht klinge die Quinte des Tones, wie bei Or-

[1] Ebendaſelbſt S. 270. 71.

gelpfeifen, mit. Ob hierzu etwa heterogene Schwingungen aliquoter Theile der Stimmbänder die erſte Veranlaſſung geben oder nicht, ſteht dahin.

Die Thätigkeit des Blaſebalges und des Windrohres oder der Lungen und der Luftröhre muß bei dem Geſange in hohem Grade regulirt werden. Schon die ſtärkere Stimme des Mannes hängt mit der bedeutenderen Entwickelung ſeines Thorax zuſammen, während nicht ſowohl dieſer, als die Hals- und Lendengegend der Frau vorherrſchender ausgebildet ſind. In der Regel zeichnen ſich auch Baſſiſten durch einen umfangreichen Bruſtkaſten und eine breitſchultrige Statur aus, während ſehr gute Tenoriſten klein und hager oder lang und ſchmächtig ſein können. Ebenſo haben Mannweiber mit tiefen, ſtarken Altſtimmen eine geräumigere Bruſt und einen verhältnißmäßig robuſtern Bau. 935

Nicht minder wichtig ſind die Verhältniſſe der Lungen für die Stärke und Schwellung des Tones. Da dieſer nämlich durch heftigeres Blaſen bis zu einer Quinte erhöht werden kann, ſo vermögen wir nur auf dem Wege der Compenſation, wie dieſes ſchon §. 912 geſchildert worden, durch entſprechende Abſpannung der Stimmbänder eine und dieſelbe Note piano oder forte oder fortissimo hervorzubringen.

Die Cultur der Athmungswerkzeuge bildet, wie man leicht ſieht, ein Hauptmoment, welches der Sänger nie aus den Augen laſſen ſoll. Während des Vortrages darf das Spiel ſeines Bruſtkaſtens durch keine irgend genirende Stellung, z. B. durch Einbiegung des Rückens, durch zu feſt anliegende Kleider, durch einen zu ſehr angefüllten Magen, durch vorangegangenes angeſtrengtes Laufen, Sprechen u. dgl. genirt ſein. Eben ſo muß er immer während des Geſanges ſelbſt nicht vergeſſen, die Bruſt frei hervorzuheben, weil dieſes nicht bloß die Reinheit der Töne begünſtigt, ſondern auch zur Schonung und Ausbildung der Athmungsorgane weſentlich beiträgt. In ſeiner Diätetik hat er alle ſchweren und derberen Speiſen, alle geiſtigen Getränke, jede Erkältung u. dgl., mithin alle Momente, welche zu einer anhaltenden vermehrten Schleimabſonderung der Luftwege führen könnten, zu vermeiden. Die feſten Fette ſollen immer nachtheilig wirken; dagegen können leichtere flüſſige, in Verbindung mit zuckerigen Subſtanzen, wie z. B. ein mit Candiszucker angerührtes friſches Eigelb, zur Wiederherſtellung einer rauhen Stimme beitragen. Baſſiſten pflegen nicht ſelten Bier zu trinken, um ihrer tiefen Stimme mehr Kraft zu verleihen. Allein der reine Klang des Tones, der ſchon ohnedies bei tiefem Baß am meiſten gefährdet iſt, geht durch ſolche Verſuche am eheſten verloren. Wie leicht der Genuß von Weinen zunächſt zu einer belegten Stimme führen und ſpäter jeden reinen Geſang unmöglich machen kann, lehrt das Beiſpiel unvorſichtiger Sänger nur zu häufig. Ausſchweifungen in der Liebe, häufige Wochenbetten wirken ebenfalls ſehr nachtheilig, können jedoch eher als anhaltende Neigung zum Trunke ohne Aufhören der Stimmbildung fortgeſetzt werden.

Die verſchiebbaren Theile des Mundrachenrohres nehmen bei vielen Menſchen während des Singens mannichfaltige Stellungen an. Dieſe Eigenthümlichkeiten beziehen ſich mehr auf den Klang als die Höhe der Tonbildung. Sie fallen daher auch bei verſchiedenen Perſonen nicht ganz gleich aus. Im Allgemeinen verengert ſich der weiche Gaumen bei höheren Tönen, während die Choanen weder hier, noch bei den tiefen Noten geſchloſſen werden. Nach Dzondi [1]) ſoll alsdann der hintere Gaumenvorhang in die Höhe gehen und ſich in ſchiefer Richtung den Choanen 936

[1]) K. H. Dzondi, die Functionen des weichen Gaumens bei dem Athmen, Sprechen, Singen, Schlingen, Erbrechen u. ſ. w. Halle, 1831. 4. S. 32—34.

etwas nähern, das Zäpfchen dagegen ſich dergeſtalt nach hinten richten, daß es die Hinterwand des Pharynx mit der Spitze berührt. Ließ ich eine gute Sängerin, deren Töne von a bis $\overline{\overline{\overline{c}}}$ und ſelbſt von g bis $\overline{\overline{\overline{c}}}$ reichten, dieſe Skalenreihe bei offenem Munde durchſingen, ſo traten die Gaumenbogen mit den Mandeln deutlich nach innen. Die letzteren wurden daher an ihren Innenflächen zum Theil frei. Obgleich die vorderen Gaumenbogen etwas verſchmälert waren, ſo konnte doch keine beſonders geringe Breite an ihnen auffallen. Die deutlichſten Veränderungen dagegen zeigte das Zäpfchen. Es war bei allen Noten ohne Ausnahme eher ſchief nach vorn, nie dagegen nach hinten gerichtet. Bei den Bruſt- und Halstönen blieb es ziemlich ſteif nach vorn und unten geſtreckt. Mit dem Anfange der Kopftöne dagegen verkürzte es ſich der Länge nach auf auffallende Weiſe und erhielt von ſeinem unteren abgerundeten Ende aus eine Längenfurche. Dieſe ſtärkeren Contractionen der Uvula begannen bei $\overline{\overline{d}}$ bis $\overline{\overline{e}}$ und verſtärkten ſich dergeſtalt, daß man bei $\overline{\overline{a}}$, $\overline{\overline{h}}$, $\overline{\overline{\overline{c}}}$ das iſolirte Zäpfchen gar nicht mehr wahrnahm, ſondern es nur in Form eines kleinen zweilippigen Theiles in der Mitte des weichen Gaumenvorhanges erkannte. Dagegen wurde ſchon der Zwiſchenraum zwiſchen den Innenrändern der Gaumenbogen und den Seitenrändern der Uvula ſchmaler und im Anfange etwas länger, ſowie die Dame von den tiefſten möglichen Bruſttönen zur Halsſtimme überging, und verlor ſich endlich bei den höheren Kopftönen gänzlich. Bei dem Trillern mit offenem Munde vibrirte häufig das Zäpfchen gar nicht. Es verhielt ſich, wie es ſchien, um ſo ruhiger, je mehr es nach oben zurückgezogen war, d. h. bei den höheren Hals- und Kopftönen. Die deutlichſten Schwingungen zeigten ſich noch, wenn in tieferen Tönen, z. B. in $\overline{d}$ oder $\overline{e}$ getrillert wurde. Läßt man dagegen ungenirt trillern, d. h. bleibt nur eine kleine Spalte zwiſchen den Zähnen offen, ſo kann man ſelbſt bei höheren Kopftönen ein Vibriren des weichen Gaumenvorhanges, das auch von der Sängerin ſubjectiv wahrgenommen wird, beobachten. Jedoch werden hier die Erſchütterungen nie ſo ſtark, als bei anderen heftigen Exſpirationsſtößen, wie wir ſie z. B. bei dem Lachen erzeugen.

Die Zunge hebt ſich in ihrem hinteren Theile, bleibt an den Seiten aufgewulſtet, oder plattet ſich auch wohl etwas ab, höhlt ſich aber hier immer in der Mitte aus, ſo daß die durch den verengerten Racheneingang ausgeſtoßene Luft wie auf einem offenen Halbkanale dahingleitet. Ihr vorderer Theil dagegen ſenkt ſich indeß hinab. Bei dem Trillern bleibt er ruhig oder zuckt an einzelnen Stellen, jedoch immer nur ſchwach und in aliquoten Theilen.

Während des Geſanges ſind zwar die Stellungen und Bewegungen des Zäpfchens ſowohl als der Zunge meiſtentheils ſeitlich ſymmetriſch, jedoch giebt es auch gar nicht ſelten Ausnahmen hiervon. Denn bisweilen neigt ſich die Uvula ſchief nach rechts oder häufiger nach links, oder es höhlt ſich die Zungenwurzel an einer Seitenhälfte (vorzüglich der linken) aus, während ſie ſich an der anderen emporhebt.

Die Vollkommenheit des Geſanges ſetzt endlich noch die Integrität der übrigen Hart- und Weichgebilde, welche die Mundhöhle begrenzen, voraus. Abgeſehen von den ſeltener vorkommenden Defecten in dem harten Gaumen, den Wangen u. dgl. ſpielen hierbei die Zähne und vorzugsweiſe die Schneide- und Eckzähne eine weſentliche Rolle. Finden ſich hier größere Lücken, ſo wird leicht die Reinheit des Tones durch die auf dieſe Weiſe hindurchziſchende Luft geſtört.

Wenn auch nicht die Eigenthümlichkeiten der genannten Mundtheile auf die abſolute Höhe des Tones einwirken, ſo läßt ſich doch ein Einfluß derſelben auf die Reinheit und den Klang deſſelben nachweiſen. Zu große Tonſillen, Anſchwellungen derſelben, Anfreſſungen des Gaumenſegels und des Zäpfchens hindern die reine Tonbildung. Sänger mit zu großen Mandeln laſſen ſich bisweilen einen Theil derſelben abtragen. Jedoch fällt der Erfolg ſolcher Operationen verſchieden aus. Fedrigotti gewann z. B. durch ſie zwei Bruſttöne, die überhaupt klarer und runder wurden, verlor dafür aber vier Halstöne. Dagegen hatte ein anderes Individuum in dem gleichen Falle fünf Noten des zweiten Regiſters mehr erhalten (Bennati) [1].

Der Hintertheil der Mundhöhle iſt im Allgemeinen bei Sängern und Sängerinnen, welche einen ſehr großen Umfang in reinen und vorzüglich hohen Tönen haben, bei Weitem entwickelter und beweglicher, als bei anderen Individuen mit ausgezeichneten, aber beſchränkteren Stimmen (Bennati) [2]. Dieſes erklärt ſich leicht daraus, daß jene Theile mit großer Mannichfaltigkeit eingeſtellt und geſpannt werden müſſen, wenn ein heller und angemeſſener Timbre bei den verſchiedenen Höhen der Stimme hervorgebracht werden ſoll. Jede Unſicherheit der Poſition würde die Schwingungen größer, aber langſamer machen und mehr ſtören als nützen. Daher bleibt auch das Zäpfchen bei dem Ausſtoßen des Tones im Ganzen faſt unbeweglich und vibrirt nur ſtärker am Ende ſehr lange ausgehaltener Noten. Während des tiefen Einathmens in den Intervallen der Ruhe dagegen ſchoß es wenigſtens bei der oben erwähnten Sängerin pfeilartig hervor, um ſich wiederum im Anfange des erneuerten Singens zurückzuziehen und ſeine beſtimmte Poſition einzunehmen.

Bei ausgezeichneten Sängern und Sängerinnen, die ſich, wie z. B. die Catalani oder Lablache, Santini, vorzugsweiſe in den tieferen Tönen mit beſonderer Virtuoſität bewegen, erreicht die Zunge bisweilen einen ſehr hohen Grad von Ausbildung. Sie beſaß bei Santini eine ſo bedeutende Länge, daß ſie mit ihrer Spitze, wenn ſie ganz vorgeſtreckt wurde, den unterſten Theil des Kinnes berührte. Bei der Erzeugung hoher Töne krümmte ſie ſich dann vorn hakenförmig um (Bennati) [3].

Der Naſenkanal kann durch ſeine eigenthümlichen Reſonanzverhältniſſe 937
den Timbre der Töne verändern und den ſtörenden Klang der ſogenannten Naſenſtimme hervorrufen. Bei der Bildung der gewöhnlichen reinen Noten ſtürzt zwar der größte Theil der Luft durch den Mund heraus; allein die Choanen ſowohl, als die Naſenlöcher bleiben offen. Werden dagegen die letzteren künſtlich geſchloſſen, ſo entſteht eine eigene Reſonanz, die eine Art Dämpfung, die Erzeugung widerlicher oder lächerlicher Stimmweiſen, das Näſeln der Töne bedingt. Dieſer Erfolg tritt weniger bei den tiefen Bruſt- als bei den hohen Falſettönen hervor. Aus demſelben Grunde verbindet ſich auch häufig das Näſeln mit einer ſtärkeren Hebung des Kehlkopfes. Daß Verſtopfung der Naſenhöhle an geeigneten Stellen ähnliche Einflüſſe ausübe, verſteht ſich von ſelbſt.

Auch bei offenen Naſenlöchern kann der Ton nach Willkür näſelnd gemacht werden. In dieſem Falle verzichten wir zu einem großen Theile

[1] Annales des sciences naturelles. Tome XXIII. Paris, 1831. 8. p. 50—52.
[2] a. a. O. p. 44. 45. [3] a. a. O. p. 39.

auf die Reſonanz der Mundhöhle und benutzen vorzugsweiſe die Naſenhöhle als Organ des Widerhalls. Der weiche Gaumen verengt ſich hierbei bedeutend, ohne jedoch den Racheneingang vollſtändig zu verſchließen. Dagegen wird die Zunge in höherem Grade gewölbt, ſo daß ſie ſich oft mit ihren convexeſten Theilen an den harten Gaumen anlegt. Zur Unterſtützung der Thätigkeit des Naſenkanales wird nicht ſelten die Naſe heraufgezogen, indem wir dadurch die Naſenlöcher zu erweitern ſuchen.

938 Endlich übt noch die Beſchaffenheit der Umgebungen auf die inſtinctive Erzeugung der Töne einen deutlichen Einfluß aus. So ſind wir z. B. in kleinen beengten Räumen mit feſten Wänden, welche eine ſtarke Conſonanz der eingeſchloſſenen Luft bedingen, eher geneigt, tiefe, in großen und hohen Zimmern aber, in Wäldern, auf Bergen und im Freien überhaupt höhere Tonweiſen anzuſtimmen. Dieſe erfordern größere Spatia als jene, wenn eine reine Klangweiſe erzielt werden ſoll. Aus dieſem Grunde liegen z. B. die meiſten Geſänge der Bergleute in Baß oder Tenor, während die Jodellieder der Gebirgsbewohner die höchſten Fiſteltöne anhaltend in Anſpruch nehmen.

939 Wir haben ſchon früher geſehen, daß unſer Stimmorgan unter geeigneten Verhältniſſen weit höhere Töne, als bei dem Geſange in Anwendung gebracht werden, hervorzubringen im Stande iſt. Mit jener bedeutenden Höhe geht aber die Reinheit verloren. Der Ton wird gellend oder ſchrillend. Seine Bildung ſetzt eine ungewöhnliche Kleinheit der Stimmritze, eine große Spannung der Stimmbänder und eine erhebliche Stärke des Windes voraus. Alle dieſe Momente vereinigen ſich bei den heftigſten Graden des Schreiens, wie wir ſie z. B. in den letzten Acten der Geburt, bei Perſonen, welche ſehr ſchmerzhafte Operationen aushalten oder plötzlich in ihren geiſtigen Regungen gewaltig afficirt werden, wahrnehmen. Nach den früher dargeſtellten Geſetzen hat überhaupt jedes Geſchrei eine beſondere Neigung, in höheren Tonweiſen anzuſprechen, weil die Verſtärkung des von den Lungen heaufkommenden Luftſtromes durch keine entſprechende Abſpannung der Stimmbänder compenſirt wird und ſich daher eine Erhöhung der Töne mit dem Forte verbindet. Ebenſo verſteht ſich von ſelbſt, daß Krämpfe der Kehlkopfmuskeln, welche eine Tenſion der Stimmbänder und eine ſpaltenartige Beſchaffenheit der Stimmritze zur Folge haben, bei jedem ſtärkeren Winde höhere gellende Töne erzeugen müſſen. Daher auch dieſe ſo häufig bei Kindern mit Keuchhuſten, mit ſogenanntem Asthma Millari, bei krampfhaftem Lachen u. dgl. hervortreten.

940 Die einzelnen Theile, welche in der Mundhöhle vorkommen oder dieſelbe begrenzen, können ſelbſt durch mancherlei Stellungen oder Schwingungen zu verſchiedenartigen Modificationen der Tonbildung Veranlaſſung geben. Wir haben z. B. ſchon früher (§. 441) die Mechanik des Gähnens, Schluchzens, Schnarchens, Gurgelns, Lachens, Weinens, Räusperns, Schnäuzens, Huſtens und ähnlicher Acte, welche von mehr oder minder eigenthümlichen Tönungen begleitet werden, kennen gelernt. Häufig vibriren hier der weiche Gaumen oder die Wandungen des Mund- oder des Naſenrohres und erzeugen ſchnarchende, gellende und ähnliche Laute. Ebenſo

drücken wir bei dem Ziſchen den Vordertheil der Zunge an den harten Gaumen, damit die Luft mit eigenthümlichem Geräuſche durch die nicht ſehr große Spalte der etwas von einander entfernten Zahnreihen bei geöffneten Lippen hervordringe. Aehnliche Vorbereitungen treffen wir bei dem Schnalzen, um dann durch raſches Niederſchlagen der Zunge die Tönung zu erzeugen. Bei dem Zähneklappern entſteht das Geräuſch durch das gegenſeitige Aneinanderklopfen beider Zahnreihen mit oder ohne modificirende Nebenbedingungen. Halten wir zwei Finger, die nur eine feine Lücke zwiſchen ſich laſſen, vor der Spalte des nur wenig geöffneten Mundes, ſo können wir durch ein kräftiges Ausſtoßen der Luft einen hellen und gellenden Ton hervorrufen. Mittelſt ähnlicher Benutzung der Lippen ſind wir bekanntlich zu pfeifen im Stande. Wir reduciren hierbei die Mundſpalte zu einer kleinen, meiſt rundlichen Oeffnung, drücken den vorderen oder mittleren Theil der Zunge an den weichen Gaumen, laſſen aber dann in der Mitte der Länge einen kanalartigen Raum übrig. Durch dieſen wird die Luft ausgetrieben. Sie erſchüttert die Atmoſphäre, welche in der Vorderparthie der Mundhöhle enthalten iſt und dringt nun mit ihr mit Energie durch die kleine Lippenöffnung hervor. Je tiefer der Ton werden ſoll, um ſo mehr wird die Zunge zurückgezogen [1]). Die Mechanik dieſer Proceſſe gleicht der der Labialpfeifen in hohem Grade [2]). Bei dem Murmeln öffnen und ſchließen wir die Lippen abwechſelnd, um die dumpfen articulirten Laute hervorzuſtoßen und abzubrechen. Das laute Küſſen endlich bildet gewiſſermaßen eine Art von Schnalzen mittelſt der Lippen.

Sprache. — Während alle bisher genannten Stimmweiſen im Weſentlichen in der Thierwelt mehr oder minder wiederkehren können, bildet 941
die Erzeugung und Benutzung der Sprachlaute ein ausſchließliches Eigenthum des Menſchen, das er ſeinen höheren geiſtigen Fähigkeiten verdankt. Nur er kann die unendliche Reihe von Ideen, welche ſein Inneres durchkreuzen, mittelſt der mannichfachſten Combinationen von äquivalenten Tönen klar und auf die variabelſte Weiſe ausdrücken und ſo mit ſeines Gleichen Verbindungen, welche dem Thiere gar nicht oder nur in der unvollkommenſten Art möglich ſind, hervorrufen. Seine Sprache iſt daher auch in vieler Hinſicht der Spiegel ſeines Geiſtes. Sie ſteigt und fällt mit den Kräften deſſelben, wird bei fortſchreitender Bildung mannichfacher und feiner und bleibt in engeren Kreiſen beſchränkt, ſo lange Begriffe und Kenntniſſe unentwickelt ruhen. Geiſtreiche Nationen und Menſchen ſprechen raſch und nachdrucksvoll, während die Redeweiſe phlegmatiſcher Perſonen gedehnter, die Schwachſinniger lallend und undeutlich wird. Jede wahre oder erdichtete Leidenſchaft, jede Bewegung oder Beruhigung der Tiefen des Gemüthes hallt in den Verbindungen und Klängen der Sprachlaute, in der Combination der Rede und der Accentuation deutlich wieder. Das lebendige Wort dringt meiſtentheils mittelſt der geeigneten

[1]) W. v. Kempelen, Mechanismus der menſchlichen Sprache. Wien, 1791. 8. S. 142.
[2]) Joh. Müller, Physiologie. S. 220. 21.

Auswahl der paſſenden Reihenfolge, der nöthigen Stärke und Schwäche und der adäquaten Melodie der hervorgebrachten Laute mindeſtens eben ſo tief als der Werth der ausgeſprochenen Ideen ein. Die Sprache wird durch den Vortrag und die äſthetiſche Combination der gebrauchten Ausdrücke zu dem hinreißendſten Hebel, welcher dem Einzelnen für die Wirkung auf die Maſſe gegeben worden.

942 Die phyſiologiſche Unterſuchung der Sprachlaute kann ſich nur auf die Mechanik, mittelſt welcher die einzelnen Buchſtaben hervorgebracht und mit einander verbunden werden, beſchränken. Aus dieſem Grunde gehört daher vor Allem das ſtumme Lautſyſtem der leiſen und die Betonung und Klangweiſe der lauten Sprache in ihr Bereich. Höhere Betrachtungen über den Urſprung, die Ausbildung und die Verwandtſchaft der einzelnen Dialekte fallen den ſpeciellen Studien der Linguiſtik anheim und können höchſtens in ihren Endreſultaten den nicht Philologen näher intereſſiren [1]).

943 Zur Ausſprache der verſchiedenen Buchſtaben dienen nicht bloß der Kehlkopf mit ſeinen Nachbartheilen, ſondern auch vorzugsweiſe die Mundhöhle mit den Lippen und vor Allem die Zunge und die Zähne. In manchen Fällen wird auch der Naſenkanal, beſonders zur Erzeugung gewiſſer Klangarten zu Hilfe gezogen. Manche Laute ſetzen die Thätigkeit der Stimmbänder oder der Stimmritze voraus. Bei anderen dagegen ſind dieſe Bedingungen, ſobald jene nicht melodiſch hervorgebracht werden ſollen, keineswegs unerläßlich. Da aber auf ſolche Art eine faſt unendliche Combination der erzeugten Laute wegen der großen Zahl der mitwirkenden Theile, der Mannichfaltigkeit ihrer gegenſeitigen Stellungen und der Stärke des Windes möglich wird, ſo finden wir auch, daß verſchiedene Nationen oder ſelbſt Individuen die differenteſten und zarteſten Nuancen rückſichtlich ihrer Redeweiſe darbieten und die einzelnen Sprachen und Dialekte allein einen Reichthum des Stoffes in dieſer Hinſicht beſitzen, welchen ſelbſt ein lebenslängliches Studium zu erſchöpfen außer Stande wäre.

944 Die Vocale werden urſprünglich durch die Stimmritze und den Schlundrachenraum hervorgebracht. Der leichteſte von ihnen iſt das a, welches auch das Kind zuerſt tönen läßt, das ſchwerſte dagegen das i. Sollen ſie lautlos und kurz ausgeſprochen werden, ſo bedarf es hierzu keiner ſo conſtanten Mitwirkung des zwiſchen der Zunge und dem harten Gaumen übrig bleibenden Raumes oder des Mundkanales und keiner ſo exacten Theilnahme der Mund- oder Zahnreihenſpalte, als in der Regel angegeben wird. Denn wir können alle fünf reinen Hauptvocale trotz des Schluſſes der Lippen und der Zähne und der gegenſeitigen Berührung des Zungenrückens und des harten Gaumens ſo articuliren, daß wir die Verſchiedenheit des a, e, i, o und u ſubjectiv deutlich unterſcheiden. Wenn wir daher den Mundtheilen bei irgend lauter Ausſprache der Vocale eine

---

[1]) Ueber dieſe Verhältniſſe ſ. vorzüglich W. v. Humboldt: Ueber die Kawi-Sprache auf der Insel Java, nebst einer Einleitung über die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaues und ihren Einfluss auf die geistige Entwickelung des Menschengeschlechtes. Bd. I. Berlin, 1836. 4. S. XVI. fgg.

andere Stellung geben, ſo bezieht ſich dieſes mehr auf den Klang und das längere Aushalten, als auf die urſprüngliche Erzeugung derſelben. Die einzelnen Poſitionen, welche zu dieſem Zwecke angenommen werden müſſen, variiren zwar nach den Individualitäten, der Intonation und der Zeitdauer des Ausdruckes, laſſen ſich jedoch wenigſtens im Allgemeinen durch Worte darſtellen. Die folgenden Schilderungen beziehen ſich vorzugsweiſe auf die Articulation des Hochdeutſchen und das längere Aushalten der laut ausgeſprochenen Vocale.

Das a erfordert verhältnißmäßig eine ſehr bedeutende Oeffnung der 945
Mundſpalte und gegenſeitige Entfernung der beiden Zahnreihen. Die Zunge ſteht entweder im Ganzen oder in ihrem vorderen Theile von dem harten Gaumen ab, ſo daß auch der Mundkanal proportionell groß wird. Gaumenſegel und Zäpfchen ziehen ſich mehr oder minder in die Höhe. Die Choanen ſind zwar nicht verſchloſſen, allein der Vocal kann ebenſo rein bei zugehaltenen wie bei offenen Naſenlöchern ausgeſprochen werden. Höchſtens erhält der Ton in dem erſteren Falle einen näſelnden Beiklang, ſobald man den Luftſtrom abſichtlich oder unwillkürlich nicht mehr ausſchließlich gegen das Mundrohr, ſondern ſchiefer und höher hindurchtreibt.

Da e ſteht in vieler Beziehung dem a nahe. Der Mund und die 946
beiderſeitigen Zahnreihen können bei ihm gleich weit wie bei dieſem, oder etwas weniger offen ſtehen. Von weſentlicherer Bedeutung ſcheint dagegen die größere Kleinheit des Mundkanales zu ſein, da wir immer die Zunge dem harten Gaumen mehr annähern müſſen und ein lautes Ausſprechen des e zwar bei ſehr weit geöffnetem Munde, nicht aber ohne Erhebung der Zunge möglich iſt. Gaumenſegel und Zäpfchen werden in ähnlicher Weiſe emporgehoben. Das letztere ſcheint ſich in einzelnen Fällen weniger ſtark aufzurichten und ſchief nach vorn zu ſtellen als bei dem a.

Für die Ausſprache des i iſt die gehörige Verengerung der Mund- 947
ſpalte von weſentlicherer Bedeutung. Denn verſuchen wir dieſen Laut bei weit geöffnetem Munde hervorzubringen, ſo klingt er bei Weitem mehr als ein unreines und lallendes e, denn als i. Stehen aber die Lippen und die beiderſeitigen Zahnreihen nur wenig von einander ab, ſo erhebt ſich die Zunge an ihren Seitenrändern etwas in die Höhe und tritt mit ihrer Spitze gegen die unteren Schneidezähne. Wenn dagegen die Mundſpalte ſo weit geöffnet iſt, als es im Normalzuſtande für die reine Ausſprache dieſes Vocales nicht nothwendig wird, ſo wirkt die Zunge gewiſſermaßen compenſirend, indem ſie ſich in ihrer Mitte bauchigt emporhebt, von hinten nach vorn wölbt und verkürzt. Die Veränderungen des weichen Gaumens laſſen ſich nicht hierbei mit Beſtimmtheit verfolgen.

Das o kann zwar bei allen Graden der Oeffnung der Mundſpalte 948
hervorgebracht werden; allein es geht, je größer dieſe wird, um ſo leichter in a, und je mehr ſie ſich verkleinert und je ſtärker ſich beſonders die Lippen röhrenartig vorſtrecken, um ſo eher in u über. Die Lippen erhalten bei der reinen Ausſprache des nicht zu langen Vocales eine Neigung, ſich nach vorn zu ſchieben, die Mundöffnung zn verkleinern und kreisförmig zu machen. Die Zunge iſt vorn niedergedrückt, hinten dagegen gewölbt. Der

weiche Gaumen geht zwar in die Höhe, hat aber eine größere Tendenz nach vorn als nach hinten zu weichen.

949 Das reine u ſetzt den höchſten Grad des Schluſſes der Mund- und Zahnſpalte voraus. Verſuchen wir daſſelbe bei möglichſt weit geöffnetem Munde auszuſprechen, ſo klingt es zwar noch oft deutlich durch, erhält aber immer einen Nebenton von a oder o. Bei ganz vollkommener Ausſprache dieſes Vocales werden die Lippen etwas vorgeſtreckt und ſo geſtellt, daß ſie nicht bloß die Mundſpalte bedeutend verengern, ſondern auch in lebhafte Vibration gerathen und eine tiefe Reſonanz bedingen. Dagegen wird der Mundkanal, indem ſich die Zunge zurückzieht und hinten zwar mehr oder minder wölbt, vorn dagegen herabgeht, verhältnißmäßig weit. Der weiche Gaumen und das Zäpfchen begeben ſich, wenn der Mund ſo weit geöffnet iſt, daß man ſie überſchauen kann, nach oben und zum Theil nach hinten, die inneren Gaumenbogen aber gleichzeitig etwas nach innen.

Schon an jeder guten Clarinette laſſen ſich, je nachdem man die Endöffnung in ihrer Weite läßt oder verkleinert, Töne hervorbringen, welche mit verſchiedenen Vocalen Aehnlichkeit haben. Kratzenſtein und Kempelen benutzten zum Theil ähnliche Verhältniſſe für ihre künſtlichen Sprachmaſchinen, welche einzelne Laute und Worte des Menſchen wiedergaben und bei denen man je nach Verſchiedenheit der einfachen Zungen Baß- oder Falſettöne erhalten konnte. Kempelen [1]) verſuchte ſogar die Größe der Oeffnungen des Mundes und des Mundkanales bei der Ausſprache der verſchiedenen Vocale numeriſch zu regiſtriren und in einem bildlichen Schema darzuſtellen. Wenn aber auch dieſe Momente für die anhaltende und ſtark tönende Erzeugung der Laute von Einfluß ſind, ſo bilden ſie doch keineswegs die Grundbedingungen, variiren ſelbſt bei dem natürlichen Sprechen und laſſen ſich noch viel weniger unter ſolche gleichförmige Grade, wie dieſes geſchehen iſt, rubriciren.

950 Streng genommen ſind nur a, i und u die ſchärfer geſchiedenen Vocallaute, welche daher auch in allen Sprachen wiederkehren. e und o dagegen bilden mehr Uebergangstöne zwiſchen jenen. Allein ſelbſt zwiſchen jenen fünf Hauptvocalen liegt eine bedeutende Reihe von Zwiſchenlauten, welche entweder als eigenthümliche Töne gewiſſer Sprachen und Dialekte oder als ſogenannte Diphthonge [2]) auftreten. So z. B. liegen zwiſchen a und e das franzöſiſche ai, das deutſche ae und das e z. B. in dem Worte Eſel; zwiſchen a und o das däniſche aa, das ſchwediſche å, das öſterreichiſche a, das franzöſiſche au u. dgl. Als Modificationen des o und u erſcheinen das franzöſiſche eau, das ſchweizeriſche ô u. dgl. Die Bedeutung ähnlicher Uebergangslaute haben das deutſche ö, das franzöſiſche eu, das deutſche ü und y, das hochdeutſche ei, das ſchweizeriſche ei (wie aei) u. ſ. w.

In vielen Sprachen können Vocale, welche z. B. im Deutſchen als

---

[1]) Kempelen, a. a. O. S. 215. Vgl. auch Tab. X. Fig 1. 2.

[2]) Die grammatikaliſche Bezeichnung der Diphthonge hat phyſiologiſch einen nur ſehr relativen Werth. Denn z. B. ä, ö, ü ſind Mittellaute, bei welchen nicht zwei iſolirte Vocale, ſondern ein Uebergangston hindurchklingt. Will man den ſchwankenden und nicht weſentlich fördernden Begriff der Diphthonge überhaupt beibehalten, ſo kann er phyſiologiſch für ſolche Combinationen von Selbſtlautern gelten, welche entweder gar keine oder nur ſchwer zu erzeugende Uebergangstöne bilden und daher raſch hinter einander und mit Vorherrſchen des einen oder andern Vocales ausgeſprochen werden. So z. B. voi, oui, pfui u. dgl.

reine Grundlaute auftreten, durch Uebergangsbuchſtaben ausgedrückt werden, während umgekehrt die reinen Vocalbuchſtaben wie Uebergangstöne klingen. So z. B. haben die Franzoſen für unſer u die Doppelbezeichnung ou, die Holländer oe, die Engländer oo. Bei den beiden erſteren lautet dafür dann u wie ü.

Dieſe Modificationen der Ausſprache der Grundvocale charakteriſiren die Eigenthümlichkeiten der verſchiedenen Dialekte in hohem Grade und bedingen es zugleich, daß die einzelnen Grundwörter mit den mannichfachſten Modificationen in ihnen wiederkehren. Jeder Volksſtamm nämlich begünſtigt einzelne Theile ſeiner Sprachwerkzeuge, welche vor allem in Gebrauch gezogen werden, in vorzüglichem Maaße. Die äſthetiſche Civiliſation unterſtützt dieſe Eigenthümlichkeiten dadurch, daß alle unangenehmen Verzerrungen des Geſichtes bei dem Sprechen möglichſt vermieden und die Töne weniger rauh und melodiſcher hervorgebracht werden. Eine ſolche phyſiologiſche Auffaſſung der Sprachen verdiente eben ſo gut eine ſpecielle Bearbeitung, als die linguiſtiſche, für welche in den letzten Decennien ſo ſehr viel gethan worden.

Was den Austauſch der einzelnen Vocale in verſchiedenen Sprachen betrifft, ſo wollen wir uns, da dieſer Gegenſtand mehr der Philologie als der Phyſiologie angehört, darauf beſchränken, nur einige Beiſpiele, welche ſich vorzugsweiſe auf das a beziehen, kurz anzuführen. Dieſer Vocal geht häufig durch Mittellaute, wie ſich phyſiologiſch leicht erklären läßt, in e, ei oder o über. So z. B. entſpricht dem Hochdeutſchen acht das angelſächſiſche ähta, das engliſche eight, das ſchwediſche åtta, das däniſche otte und das lateiniſche und griechiſche octo. Eine Neigung zu i iſt zwar beſonders durch die Miteltönung des e gegeben, allein ſolche Uebergänge gehören zu den ſelteneren. Wir haben ihn z. B. in dem angelſächſiſchen ganian, dem hochdeutſchen Gähnen, dem ſchweizeriſchen Gynen, dem ſchwediſchen gina und dem italieniſchen Ghignare. Daß aber auch eine und dieſelbe Wurzel alle fünf Grundſelbſtlauter durchmachen könne, lehrt z. B. das deutſche Lache, das engliche Lake, das lateiniſche Lix, das ſchwediſche Log und das wendiſche Luza. Ueber ſolche Uebergänge, ſofern ſie ſich beſonders im Lateiniſchen und Griechiſchen verfolgen laſſen, ſ. Boeckh in Daub und Creuzer Studien. Bd. IV. Heidelberg, 1808. 8. S. 376 fgg.

Während aber die erwähnten Mittellaute meiſtentheils lang und rein 951
ausgeſprochen werden, können die einfachen Vocale ſelbſt durch die Zeitdauer ihres Ausdruckes und die Art ihrer Erzeugung weſentliche Eigenthümlichkeiten veranlaſſen.

1) Der Laut wird nur ſchwach hingehaucht, um die Ausſprache leichter zu machen. Folgen z. B. zu viele für den Ausdruck mühevoller wiederzugebende Conſonanten hinter einander, ſo ſchaltet ſich unwillkürlich ein ſchwaches e ein. In manchen Sprachen, z. B. den ſlaviſchen, tritt dieſe Veränderung häufig, vorzüglich für fremde Zungen von ſelbſt ein, ohne daß ſie erſt durch beſondere Zeichen angedeutet wird. Etwas weiter geht in dieſer Hinſicht das mit Lautirungsbenennungen verſehene Hebräiſche. Das Schwa wird nämlich zunächſt an Conſonanten, die zwar ausgeſprochen werden müſſen, jedoch keinen betonenden Vocal an ſich haben, angegeben. Hier bedeutet es nur, daß ſich der eine Buchſtabe an einen anderen anlehnen müſſe, ohne daß ein zweiter Nebenton mitklingt. So z. B. in Israël (יִשְׂרָאֵל). Es fällt daher am Ende des Wortes, wenn ſich

[1]) Siehe Jan Puskine Badania w przedmiocie Fizyologii Mowy Ludziéj. Kraków, 1836. 8. p. 34. F. Bopp, vergleichende Grammatik des Sanskrit, Zend, Griechischen, Lateinischen, Littauischen, Gothischen und Deutschen. Bd. I. Berlin, 1833. 4. S. 1.

der Conſonant auf einen Vocal ſtützen kann, wie z. B. in lachem (Euch) (לָכֶם) von ſelbſt hinweg, erſcheint aber z. B. in Schiwah (ſieben) (שְׁבְעָה) oder jihjeh (es wird ſein) (יִהְיֶה), wo nur eine Sylbe abgegrenzt wird, wieder. Folgen mehrere Conſonanten unmittelbar auf einander, ſo klingt es unwillkürlich als ein ſehr ſchwaches kurzes e, z. B. in wajĕhi (und es war) (וַיְהִי). Es kann natürlich nur ſo lange bleiben, als die entſprechende Sylbe keine Betonung oder keine lange Ausſprache hat. Tritt dieſer Fall, wie z. B. bei der Accentuirung, am Ende eines Satzes ein, ſo ſchwindet das Schwa, und es kommt ein halblanger Vocal an deſſen Stelle. So z. B. wird aus wajĕhi das Wort wajéhi (ſtatt וַיְהִי וַיֶּהִי). Seiner Grundbedeutung entſprechend, dient dann auch noch das Schwa, um überhaupt anzuzeigen, daß ein Vocal nicht nur kurz ausgeſprochen, ſondern halb verſchluckt werde. So z. B. bei dem ſogenannten a furtivum in Taăssu (Ihr ſollt machen) (תַּעֲשׂוּ).

Stumme, kaum angedeutete e finden ſich bekanntlich in einzelnen ſüddeutſchen Dialekten, im Franzöſiſchen, Engliſchen u. dgl. ſehr häufig. Auch manche andere kurze Vocallaute ſchleichen ſich oft in allen Sprachen als Uebergangstöne ein. So z. B. in dem breiten Jach ſtatt ich, in dem allemanniſchen Muetter oder Muotter ſtatt Mutter, in dem ſlaviſchen wab', welches ungefähr wie wabi ausgeſprochen wird, in dem kurzen ṛ des Sanskrit u. dgl. Der phyſiologiſche Grund aller dieſer und ähnlicher Eigenthümlichkeiten liegt eben darin, daß das Spiel der ſucceſſiven Bewegungen der Sprachlaute, vorzüglich bei außerordentlicher Betonung durch ſolche Veränderungen leichter als auf die buchſtäblich vorgeſchriebene Weiſe erfolgt.

2) Aus derſelben Urſache können auch Vocale unmittelbar in Conſonanten übergehen. Wird z. B. das a tief ausgeſprochen, ſo erhält es leicht einen ſchnarrenden Beiton und verwandelt ſich bald auf dieſe Art in einen tiefen R-Laut. Am deutlichſten ſehen wir dieſes in den ſemitiſchen Sprachen, welche meiſt ſchon das vordere und hintere a durch verſchiedene Buchſtaben ausdrücken. Jenes findet ſich im Hebräiſchen als Aleph, wie z. B. in Adam (Menſch) (אָדָם), dieſes als Ain, wie z. B. in Ajin (Auge) (עַיִן). Beiderlei Vocale können kurz oder lang, betont oder nicht betont ausgeſprochen werden. Allein das Ain wird ſchon leicht durch Schnarren zu r, und dieſer im Hebräiſchen nur ausnahmsweiſe Statt findende Umſtand hat in dem arabiſchen Rain ſeinen ſpeciellen Repräſentanten.

In ähnlicher Weiſe werden auch andere Vocale durch Schnarrlaute zu einem ziſchenderen oder raſſelnderen Ch. Belege der Art finden ſich z. B. rückſichtlich des halben i im Slaviſchen. In gewiſſer Beziehung gehört auch das h, welches wir in dem Spiritus asper der Griechen haben, hierher.

3) Eben deshalb geht auch leicht ein Vocal in einen Halbconſonanten oder einen ganzen Conſonanten über oder nimmt einen ſolchen zwiſchen

ſich auf, wenn andere Vocale ihm vorangehen und nachfolgen und das Ganze ſchnell hinter einander ausgeſprochen werden ſoll. In dieſem Falle würde das Ausſprechen der einzelnen Vocale zu viel Anſtrengung oder Zeit koſten. Schon im Deutſchen klingt z. B. das Wort Geier leicht wie Geijer. Das Gleiche haben wir in dem franzöſiſchen voyez im Gegenſatz zu dem Infinitiv voir. Im Hebräiſchen bewirkt derſelbe Grundſatz die mannichfachſten Veränderungen der Vocale und Conſonanten.

4) Jeder einzelne Vocal kann ſchon für ſich mit doppeltem Timbre, entweder mit dem reinen vollen Mundklange oder mit der Naſenreſonanz ausgeſprochen werden. Im Allgemeinen erſcheint uns das letztere als unäſthetiſch und wird daher auch möglichſt vermieden. Wenn ſich aber in der Nachbarſchaft des Vocales andere Naſenlaute vorfinden, ſo wird auch die gleiche Ausſprache des erſteren gleichſam conſenſuell hervorgebracht und verliert jenes Unangenehme, welches ſonſt hervortritt. Manche Sprachen, wie z. B. das Franzöſiſche, machen von dieſem Geſetze häufigeren Gebrauch, während die einfacheren Mundtöne in dem rauheren Deutſch nicht ſelten unverändert beibehalten werden. Wir haben dieſes z. B. in dem franzöſiſchen sang und dem deutſchen Sang. Wie es ſcheint, liegt der vorzüglichſte Unterſchied darin, daß ſich in dem erſteren Falle die Zunge mit ihrem hinteren Theile gegen den weichen Gaumen begiebt, in dem letzteren dagegen mit ihrer mittleren Parthie gegen den harten ſtemmt. Der Vocallaut räſonirt daher unter jenen Verhältniſſen vorzugsweiſe durch die Naſe, in dieſen dagegen durch den Mundkanal.

Die **Mitlauter** oder **Conſonanten** charakteriſiren ſich dadurch, 952
daß ſie auf keine tönende Weiſe iſolirt hervorgebracht werden können, ſondern ſich, um die letztere Bedingung zu erfüllen, auf einen vorangehenden oder nachfolgenden Vocal ſtützen müſſen. Sollen ſie dagegen nur kurze Geräuſche bilden, ſo fällt dieſer Uebelſtand größtentheils hinweg. Sie kommen dann ſogar verhältnißmäßig deutlicher als die mit geſchloſſenem Munde ausgeſprochenen Vocale heraus. Dieſe Eigenthümlichkeit beruht darauf, daß die Beſonderheit der Selbſtlauter vorzugsweiſe in den Modificationen liegt, welche der hervorgeſtoßene Luftſtrom mittelſt der verſchiedenartigen Stellungsverhältniſſe der Anſatzröhren des Stimmorganes erleidet oder verurſacht.

Nur wenige Conſonanten, ja ſtreng genommen faſt keiner derſelben kann iſolirt lautirt werden, ohne daß zugleich ein ſchwacher Vocal mitklingt. Halten wir uns z. B. zunächſt an das Deutſche, ſo bleibt noch das Conſonantalgeräuſch bei f und v, weniger bei w, ſo wie bei s, z und x am reinſten. Dagegen ſtützen ſich in der Regel h und k auf ein nachtönendes a oder einen anderen Vocal, l, m und n auf ein voranſchreitendes, b, c, d, g, p und t auf ein nachkommendes e und q auf ein deutliches u. Dieſe Erſcheinung bildet eine nothwendige Nebenfolge der Poſition der Mundtheile und der Luftſtrömung, welche zur Ausſprache der genannten Mitlauter erforderlich iſt. Die in neuerer Zeit allgemeiner angenommene Unterrichtsmethode, die Kinder die bloßen Conſonantalgeräuſche nachahmen zu laſſen, iſt daher von theoretiſchem Standpunkte nur

bedingt richtig. Sie gewährt aber praktiſch den weſentlichen Vortheil, daß die Kleinen bei den Conſonanten keine unnützen, aus den conventionellen Namen ſtammenden Vocale mit einlernen, daß ſie ſich z. B. das k als einfachen Stoßlaut und nicht als ka einprägen und daher das nachfolgende Sylbenleſen viel leichter auffaſſen.

Dieſes Anlehnen der Conſonanten an Vocale iſt für die äſthetiſche Wirkung der verſchiedenen Dialekte und Sprachen von eben ſo großem Einfluſſe, als die Eigenthümlichkeit der Selbſtlauter. Die letzteren nämlich machen zwar jene im Allgemeinen um ſo melodiſcher, je häufiger ſie vorkommen. Allein dieſe Bedingung wird nur dann erfüllt, wenn ſich eine hinreichende Zahl von Conſonanten zwiſchen den einzelnen Vocalen einſchaltet, weil ſonſt eine zu große Zahl kurzer In- und Exſpirationen zum Reden erfordert wird. In der That finden wir auch den letzteren Fehler in den Sprachen der meiſten unciviliſirten oder kindlichen Völker. Umgekehrt kann ein Dialekt durch zu viele Mitlauter ohne anlehnende Vocale rauh und ſelbſt übeltönend werden. Durch Vermeidung dieſer Klippe erhält z. B. das Italieniſche einen großen Theil ſeiner Schönheit und Zartheit, während das Deutſche vermöge der entgegengeſetzten Eigenſchaften auf Koſten ſeiner Weichheit an Kraft gewinnt. In den ſlaviſchen Sprachen erlangt die Häufung der Conſonanten einen ſo hohen Grad, daß eine fremde, nicht von Kindheit auf geübte Zunge bei Erlernung derſelben nur ſelten zum Ziele gelangt, Einheimiſche dagegen eine anſprechende Melodie ihres Ausdruckes erreichen und fremde weichere Sprachen, wie das Franzöſiſche und Italieniſche, ſehr gut erlernen, rauhere Dialekte dagegen, wie z. B. das Deutſche, ſehr ſelten ohne leicht kenntliche Accentuation ſprechen. Für den Geſang bleibt eine weiche, die Nebentönung der Vocale bei ihren Conſonanten wohl berückſichtigende Sprache die geeignetſte. Daher hat auch in dieſer Beziehung z. B. das Italieniſche, welches immer in der Mitte ſeiner weichen Conſonanten die nöthigen Vocallaute einſchaltet und keines ſeiner Worte mit zwei oder mehreren Mitlautern endigt, vor allen anderen Sprachen den Vorzug.

953 Die Mechanik der Ausſprache der Conſonanten reducirt ſich im Allgemeinen auf drei Hauptproceſſe:

1) Die einzelnen Theile des Mundrachenrohres nehmen eine ſolche gegenſeitige Stellung an, daß der hindurchgetriebene Luftſtrom von ſelbſt und ohne beſondere Nebenthätigkeiten das beſtimmte Mitlautergeräuſch erzeugt. Dieſes kann daher ſo lange anhalten, als die Ausathmung oder der zugeführte Wind dauert. Solche anhaltende Mund-Conſonanten (Litterae consonantes continuae) ſind z. B. die verwandten Laute des c, s, z, sch, ch und x, f und v (w), h, l, q und r, ſowie zum Theil g, welches aber dann bei längerem Aushalten leicht in j oder ch übergeht.

2) Die Gebilde des Mundrachenrohres haben zwar während der Ausſprache des Mitlauters ihre entſprechende fixe Stellung. Allein da ſie nur als Beſtimmungs- oder Reſonanzgebilde dienen, ſo werden die Lippen oder der vordere Theil des Mundkanales unmittelbar vorher geſchloſſen. Die Luft muß daher durch das Naſenrohr entweichen. Zu dieſen anhaltenden Mund-Naſen-Conſonanten (L. c. continuae oro-nasales) gehören z. B. n und vorzüglich m. Das letztere kann daher auch nur, wenn man ſich die Naſenlöcher feſt zuhält, mit Mühe und einem ſtarken Naſaltimbre hervorgebracht werden oder geht geradezu in b über. Dieſe Erfahrung machen wir daher häufig bei Leuten, welche einen ſtarken Schnupfen, einen großen Naſenpolypen u. dgl. haben.

3) Mit dem Namen der Schlag- oder Exploſionslaute endlich (L. c. explosivae) belegt man diejenigen, deren Ausſprache eine momentane und

plötzliche Aenderung der Stellung der Theile des Mundrohres vorausſetzt. Es werden nämlich unmittelbar vorher die Lippen oder der vordere oder der hintere Mundraum geſchloſſen, ſo daß dicht hinter dieſer momentan erzeugten Scheidewand ein Luftſpatium übrig bleibt. Oeffnet ſich dann das Ganze, während der Wind von hinten nach vorn ſtreicht, plötzlich, ſo erzeugen ſich je nach der Stärke der Exploſion das b oder p, das d oder t, ſowie zum Theil das g oder das k. Jedoch läßt ſich das g und k auch dergeſtalt articuliren, daß es eine Art von Uebergang von den Exploſiv- zu den anhaltenden Mund-Conſonanten darſtellt.

Manche Schriftſteller ſehen auch den Spiritus lenis der Griechen als den erſten Anfang eines Conſonanten an (K. M. Rapp) [1]. Sie beziehen ihn nämlich auf den neuen Anſatz der Stimme, den wir z. B., wenn wir das Wort erinnern als er—innern ausſprechen und ſo eine Art von ſehr ſchwachem h mittönen laſſen, vernehmen. Nach dieſer Anſicht könnte man ihn daher als einen Exploſivlaut ſchwächſter und kürzeſter Art betrachten. Da jedoch die Griechen dieſes Zeichen nur an dem Anfange der Worte, welche mit einem Vocal beginnen, gebrauchen, bei ſchnellem Sprechen dagegen kein ſolcher Halt ſicherlich gemacht worden, ſo ſcheint es noch ſehr die Frage zu ſein, ob nicht überhaupt der Spiritus lenis ein negatives Zeichen, d. h. ein Merkmal, daß hier keine h-Aſpiration Statt finde, geweſen ſei.

Die phyſiologiſche Schilderung der acuſtiſch noch gar nicht zu begrün- 954
denden Mechanik der einzelnen Conſonanten ſtößt ſchon deshalb auf ſehr viele Schwierigkeiten, weil ſich die vorderen Theile des Mundrohres bei ihrer Ausſprache ſo ſtellen müſſen, daß die hinteren dem Blicke entzogen werden. Die Beobachtungen an ſich ſelbſt, welche aus demſelben Grunde vor dem Spiegel nicht gemacht werden können, ſondern ſich nur auf das ſubjective Gefühl beziehen, fallen im höchſten Grade unſicher aus. Ueberdies können wir einen und denſelben Conſonanten auf ſehr verſchiedene Weiſe hervorbringen. Das f z. B. fordert nur, daß der Luftſtrom in eigenthümlicher Art durch eine oder mehrere feine Spalten hindurchziſche. Wir bilden es daher am leichteſten, indem wir die Unterlippe gegen die Oberkieferzähne ſtemmen, ſo daß der Wind durch die Zwiſchenräume derſelben durchgeht. Allein auch umgekehrt kann ſich die Oberlippe an die Unterkieferzähne anlegen, oder beide Lippen drücken ſich gegen ihre entſprechenden Zahnreihen, während eine ſchmale Spalte zwiſchen den letzteren offen bleibt, oder jene ſpitzen ſich wie bei dem Blaſen oder Pfeifen zu und laſſen nur ein geringes Interſtitium übrig. Bei anderen Conſonanten dagegen verurſachen freilich ſchon ſolche Unterſchiede weſentliche Differenzen. Während z. B. das s mittelſt des Durchziſchens des Windes durch die Zähne entſteht, wird es zu sch, ſobald ſich der Vordertheil der Zunge im Ganzen gegen den harten Gaumen feſt anſtemmt, oder eine mittlere Rinne zum Durchgang der Luft übrig läßt.

Das h bildet den einfachſten Hauchlaut, der ſehr leicht den Anfangs- 955
vocal eines Wortes von ſelbſt begleitet. Während die Oeffnung des Mundes für ſeine Erzeugung nothwendig iſt, werden dabei weder die Lippen

[1]) K. M. Rapp, Verſuch einer Phyſiologie der Sprache nebſt hiſtoriſcher Entwickelung der abendländiſchen Idiome nach phyſiologiſchen Grundſätzen. Bd. I. Stuttgart und Tübingen, 1836. 8. S. 53.

noch die Zähne noch die Zunge in Anſpruch genommen. Der im Ganzen, wie es ſcheint, verengerte weiche Gaumen zieht ſich etwas in die Höhe, die Zungenwurzel dagegen wird mäßig gewölbt. Weichere Sprachen vermeiden daher auch dieſe Anfangsaſpiration. Die Franzoſen und Italiener haben ihn in ihrer Rede nur ſelten, wie z. B. in haut, hai. Dagegen entſpricht z. B. dem deutſchen Harlequin das franzöſiſche Arlequin und das italieniſche Arlequino. Die Neugriechen drücken ihn zwar in ihrer Schrift durch den Spiritus asper, nicht aber bei ihrem Sprechen, wenigſtens auf eine dem fremden Ohre vernehmliche Weiſe aus (Chladni)[1].

Durch geringe Modificationen geht das H in das rauhe Ch über, wie es in dem hebräiſchen Cheth (ח), dem ſchweizeriſchen Ch und dem deutſchen Ach tönt, über. Hierbei wölbt ſich die hintere Hälfte der Zunge in weit ſtärkerem Maaße gegen den Gaumen, berührt ihn jedoch nicht, ſondern läßt noch einen nicht unbedeutenden Spaltenraum offen. Der weiche Gaumen zieht ſich etwas hinab und das Zäpfchen ſtellt ſich, während die Luft hindurchſchnarrt und lebhafte Vibrationen veranlaßt, ſchief von oben und hinten nach vorn und unten. Dieſen natürlichen Uebergang, für welchen in der Mitte der Worte der größte Spielraum gegeben iſt, finden wir nicht ſelten in den hiſtoriſchen Entwickelungen der analogen Sprachen wieder. Dem althochdeutſchen Ahsala z. B. und dem mittelhochdeutſchen Ahsel entſpricht unſer heutiges Wort Achſel. Bei dem weichen ch, wie z. B. in dem hochdeutſchen Ich, wölbt ſich der ganze mittlere Theil der Zunge und legt ſich vorzüglich mit ſeinen Seitenparthieen an den harten Gaumen an. Es entſteht auf dieſe Art hinten ein disponibler Luftraum. Der Wind ziſcht nun von dieſem aus mit geringerer Kraft durch. Im Momente der Ausſprache ſenkt ſich bisweilen auch die Zungenſpitze herab. Dieſen Ton drücken die Spanier durch j und zum Theil durch x aus. Er entſpricht wahrſcheinlich dem griechiſchen χ. Im Franzöſiſchen, Italieniſchen und Portugieſiſchen fällt der genannte Laut gänzlich weg (Chladni)[2].

Die Ausſprache des rauhen Guttural-Ch ſtößt vorzüglich bei hochdeutſchen Individuen auf eine ſonderbare Eigenthümlichkeit. Während ſie es nämlich nach a, o und u, z. B. in den Wörtern Fach, Loch, Buch ziemlich rauh ausſprechen, vertauſchen ſie es hinter e, i, ä, ö und ü mit dem weichen ch, um ſo den Uebergang milder und leichter zu machen. So z. B. in Blech, Strich, Fächer, Löcher, Bücher. Am Anfange des Wortes tönt dann ch entweder eben ſo weich, wie z. B. in China, Chirurgie, Chryſopras, oder wie K, wie z. B. in Charakter, oder wie Sch, wie in Charteke. Dieſe Weichheit wird dergeſtalt habituell, daß z. B. deutſche Theologen, welche erſt in ſpäteren Jahren das Hebräiſche erlernen, das Cheth (ח) z. B. in Chajim (Leben) (חַיִם), oder das Chaw (כ) z. B. in Chol (Alles) (כֹל) weich ausſprechen. Umgekehrt verdrängt eine häufige Erzeugung des rauhen Ch nicht nur das weiche, ſondern ſubſtituirt es ſogar anderen milderen Lauten. So z. B. entſpricht es oft in den ſchweizeriſchen Dialekten dem hochdeutſchen k, es mag ein Vocal oder ein Conſonant darauf folgen, wie ſtatt können chönnen, ſtatt Knabe Chnabe. Wo ſogar das Hochdeutſche über ein doppeltes k leichter hinweggleitet, wird hier nicht ſelten das zweite durch das tiefe Guttural-ch ſubſtituirt. So z. B. ſtatt ſchicken ſchickchen.

---

[1] Gilbert's Annalen der Physik und der physikalischen Chemie. Bd. XVI. Leipzig, 1824. 8. S. 214.

[2] a. a. O. S. 210.

Behufs der Ausſprache des j ſtemmt ſich der mittlere und hintere Theil der Zunge gegen den harten Gaumen, läßt jedoch in der Mitte einen Durchgangskanal offen. Der Kehlkopf hebt ſich ein wenig, und die Luft ſtreicht nun leiſe durch den Gaumenzungenkanal gegen die Zähne und Lippen hin. Indem es aber einerſeits nur die milde Form des ch darſtellt, klingt ſchon anderſeits ein i mit, weil die Stellung der Zunge bei der Ausſprache dieſes Vocales ähnlich wie bei der Production des j iſt. Beiderlei Laute werden daher auch leicht, je nachdem ein Conſonant oder ein Vocal folgt, mit einander vertauſcht, z. B. jetzt und itzt. Einzelne Dialekte und Sprachen drücken dieſes j-Geräuſch durch andere verwandte Buchſtaben aus. So z. B. manche norddeutſche Sprachweiſen durch g, das Holländiſche und Engliſche durch y, das Hebräiſche durch denſelben Conſonanten, welcher auch das volle i bezeichnet. 956

Das g ſchließt ſich, obgleich es im Weſentlichen einen ſpäter zu erläuternden Exploſivlaut bildet, den zuletzt betrachteten Conſonanten unmittelbar an. Während die Zungenſpitze niedergedrückt und an die Unterkieferzähne angelegt wird, ſtemmt ſich die mittlere und zum Theil die hintere Parthie der Zunge gegen den Gaumen. Dieſer Verſchluß wird dann im Momente der Ausſprache plötzlich gelöſt. Je nach der Stärke des Stoßes tönt es daher wie g oder härter wie k. Das Erſtere wird in der Regel mehr vorn, das zweite weiter hinten articulirt. So lange der Conſonant in dieſen Grenzen bleibt, gehört er ganz und gar zu den Exploſivlauten. Allein ſehr viele Sprachen und Idiome verwechſeln ihn ſehr oft mit ch oder sch oder dsch oder dj, obgleich hier der weſentliche Charakter des Schlaglautes und die oben beſchriebene allſeitige eigenthümliche Stemmung der Zunge gegen den Gaumen verloren geht. So z. B. in der ſüddeutſchen und norddeutſchen Ausſprache der Wörter gehen, Tag u. dgl., in dem franzöſiſchen Garcon und gêner, dem deutſchen Generaliſſimus, dem franzöſiſchen Généralissime und dem italieniſchen Generalissimo. Daß g und k je nach der Stärke der Exploſion einander häufig ſubſtituiren, verſteht ſich von ſelbſt. Wir haben z. B. für das hochdeutſche Gemſe das althochdeutſche gamz und das ſpaniſche und portugieſiſche Gama, das italieniſche Camozza und das böhmiſche Kamsik, während ſogar wieder in dem franzöſiſchen Chamois und dem polniſchen Giemza die sch- und dj-Laute hervortreten. Ebenſo wird k durch einen nachfolgenden Ziſchlaut zu x. So z. B. entſpricht dem mittelhochdeutſchen akes das baieriſche äcks, das ſchweizeriſche äx und unſer Axt. Endlich ergiebt ſich nach dem oben Dargeſtellten von ſelbſt, daß g und k, wenn ſie ſich auf einen nachfolgenden Vocal ſtützen und nur offen und minder explodirend ausgeſprochen werden, in h übergehen müſſen. So z. B. gothiſch guma, althochdeutſch komo und lateiniſch homo [1]). 957

Während die meiſten Sprachen nur die ſchwache und ſtarke Exploſion als g und k des Deutſchen, γ und κ des Griechiſchen u. dgl. unterſcheiden, haben wir im Hebräiſchen

---

[1]) Eine Reihe hierher gehörender Beiſpiele ſiehe in der von Grimm entworfenen Tabelle in Jacob Grimm's Grammatik der hochdeutschen Sprache unserer Zeit. Bearbeitet von J. Eiselein. Constanz, 1843. 8. S. 30. 31.

für die rauhere Explodirung einen ſchwächeren und einen ſtärkeren Buchſtaben, nämlich das Chaw und das Kaf (כ und ק). Indem jenes leicht in Ch übergeht, findet etwas der Art bei dem letzteren nicht Statt. Aus Kol z. B. wird häufig Chol (Alles) (כל). Dagegen behält Kadosch (heilig) (קדוש) ſein hartes k in allen Fällen bei.

958 Das ſchnarrende k wird unmittelbar zu dem tiefen raſſelnden r. Bei dieſem hebt ſich die Zungenwurzel in die Höhe, während der weiche Gaumen mit dem Zäpfchen nach oben und hinten tritt. Die mit Kraft hervorgetriebene Luft verſetzt die Stimmbänder in Vibrationen, die zugleich nur bei ſehr ſtarker Tönung auch an dem weichen Gaumen und noch ſeltener an der Zungenwurzel auf ſichtliche Weiſe hervortreten. Dieſe Art von r haben wir in dem arabiſchen Rain und zum Theil in dem r der Berliner Ausſprache des Deutſchen oder des Genfer des Franzöſiſchen. Wird dagegen der Laut mehr mit den Vordertheilen des Mundes, wie in dem gewöhnlichen hochdeutſchen r gebildet, ſo zieht ſich die Zunge etwas zurück, verbreitert ſich vorn und legt ſich mit der Spitze an die Hinterſeite der Vorderzähne des Unterkiefers an. Die Zahnreihen und die Lippen bleiben etwas geöffnet. Indem nun der Luftſtrom durchgeſtoßen wird, ſchlagen die Seitenränder der Zunge an den harten Gaumen an, während die Zungenſpitze in eine zitternde Bewegung geräth. Die letztere zeigt ſich ſtärker, wenn der Laut lange ausgehalten wird. Da übrigens die Vibrationen die Hauptſache des ſchnarrenden R-Tones ausmachen, ſo läßt ſich ſelbſt dieſer Conſonant freilich unvollkommen bilden, wenn man die eingezogenen Lippen bei niederliegender Zunge in Schwingungen verſetzt. Hierher gehört wahrſcheinlich auch der eigenthümliche dem Schnauben der Pferde ähnliche Laut der Wilden bei Neu-Guinea, den Chladni[1]) durch brr auszudrücken ſucht.

Die Ausſprache des r ſetzt nach den eben geſchilderten Verhältniſſen eine erhebliche Fertigkeit der Zunge, oder eine bedeutende Beweglichkeit des weichen Gaumens voraus. Wir finden daher auch nicht ſelten, daß Perſonen, welche ſonſt gut ſprechen, dieſen Conſonant geradezu hinweglaſſen und z. B. ſtatt Rudolph Udolph articuliren. Leute mit zu großen Tonſillen haben häufig eine Neigung, ſtatt des r ein l hervorzubringen. Im Chineſiſchen fehlt das r und wird durch l erſetzt. Selbſt in deutſchen Dialekten laſſen ſich Belege hierfür anführen. Der Hochdeutſche, welcher das ch weicher ausſpricht, ſagt z. B. ohne Beſchwerde Kirche. Der Schweizer dagegen, welcher ch tief gutturirt, verwandelt auch conſequenter Weiſe das r in l und ſpricht Chilche.

Dem tiefen Kehl-r geht natürlich leicht die Kehlaſpiration, d. h. ein h voran. Wir ſelbſt ſprechen ſchon oft Worte, welche mit r anfangen, wenn wir ſie energiſch hervorſtoßen, mit einem vorangeſetzten Spiritus lenis aus. Aus dieſem Grunde finden wir auch häufig, daß manche Dialekte dem r im Anfange geradezu ein h voranſetzen. Für das hochdeutſche Rücken haben wir z. B. das angelſächſiſche hryg, das isländiſche hriggur, das altnordiſche hryggr und das angelſächſiſche hrecg. Lehnt ſich das

[1]) a. a. O. S. 213.

anfangende r an einen nachfolgenden Vocal an, ſo klingt ein halbes h bei irgend nachdrücklicher Ausſprache der nothwendigen Aſpiration wegen nach. Das feine Ohr der Griechen unterſchied dieſen Umſtand ſehr wohl. Daher hat auch dann ϱ am Anfange eines Wortes oder einer mit einem neuen Athemzuge auszuſprechenden Sylbe einen Spiritus asper. Daſſelbe iſt, wenn zwei ϱ unmittelbar auf einander folgen, mit dem zweiten der Fall. Bekanntlich wird dieſer Laut dann auch in anderen Sprachen durch ein eingeſchobenes h ausgedrückt.

Derſelbe Luftſtrom, welcher die zur Erzeugung des weichen r nöthigen Schwingungen der Zunge verurſacht, kann noch bei ſeinem Durchſtreichen durch die Zähne oder die Lippen zu neuen Lauten benutzt werden. Da dann ohnedies die Seitenränder der Zunge an den ſeitlichen Oberzähnen und dem harten Gaumen anliegen, der Mitteltheil dagegen zur Bildung des Mundkanales beiträgt, ſo iſt, wie wir bald ſehen werden, diejenige Stellung, welche zur Production des sch erfordert wird, von ſelbſt gegeben. Dieſes ganz natürliche Verhältniß benutzen ſlaviſche Sprachen, wie das Polniſche, Böhmiſche u. dgl., um viele Worte in der Schrift mit rz, in der Ausſprache aber mit rsch anzufangen. Auf gleiche Weiſe kann dann auch der Wind, ehe er vorn zur R-Vibration dient, hinten zu anderen Tönen gebraucht werden. Wir ſehen daher auch, daß ſich in den verſchiedenen Sprachen Laute, wie h, ch, j, g, k u. dgl., vor dem Anfangs-r häufig vorfinden. Hierher gehören z. B. das angelſächſiſche hreove (Reue), das ſchweizeriſche Chrieg, das hebräiſche Jruschalaim (Jeruſalem) (יְרוּשָׁלַיִם), das deutſche Gram und Krieg.

Der Zungenziſchlaut s entſteht am einfachſten dadurch, daß ſich die 959
convexe Zunge dem harten Gaumen ſehr nähert, die Spitze derſelben an die Vorderzähne des Unterkiefers, ſeltener des Oberkiefers anlegt und der Luftſtrom entweder zwiſchen den beiden einander genäherten Zahnreihen oder, wenn dieſe geſchloſſen ſind, zwiſchen den Spalten der Vorderzähne durchgezwängt wird. Soll es minder einfach und rein klingen, ſo bedarf es überhaupt nur einer Stellung, bei welcher die Luft durch einen engen Raum hindurchziſcht. Leute mit großen Zahnlücken oder ohne Zähne können dieſen Mitlauter zwar ausſprechen, verleihen ihm aber nicht ſelten einen pfeifenden oder ziſchenden Nebenton, welcher ſogleich auffällt. Umgekehrt wird er breit und unangenehm, wenn ſich die Zungenſpitze zwiſchen beide von einander etwas entfernte Zahnreihen legt und ſelbſt im Augenblicke des ſtoßenden Ausganges der Luft etwas vorgeſchoben wird.

Die verſchiedenen Modificationen, welche der Ziſchlaut s zu erleiden vermag, kommen, wenn er ſich auf einen vorhergehenden oder nachfolgenden Vocal ſtützt, am deutlichſten zum Vorſchein. Manche Sprachen drücken dieſe Unterſchiede durch verſchiedene Buchſtaben aus. Auf dieſe Weiſe haben wir z. B. im Hebräiſchen als den weichſten Laut des Sain (ז), als den etwas härteren das Sin (שׂ), als den noch härteren das Samech (ס) und als den härteſten das Zade (צ). In die ähnliche Kategorie gehören das deutſche s, sz, sſ und z, das franzöſiſche s, z, c u. dgl. Das engliſche th dagegen wird dadurch gebildet, daß ſich die vorgeſtreckte Zungen-

ſpitze an den Unterrand der oberen Schneidezähne und den Oberrand der Unterlippe anlegt und im Momente der Ausſprache des Lautes vorſchiebt.

Das weichſte und das etwas ſtärkere s unterſcheiden ſich in der normalen Ausſprache nur durch die Stärke des Windes und die Schnelligkeit, mit welcher er durch die Spalten der oberen Schneidezähne, wenn dieſe groß genug ſind, hindurchziſcht. So z. B. in ſo und aus, in treize und savon. Eigenthümliche Modificationen des letzteren ſind das deutſche sſ und sz. Jedoch legt ſich bei dieſen Lauten der vordere Theil der Zunge meiſtentheils convex gegen den harten Gaumen, während ſich die Spitze derſelben gegen die Unterkieferzähne drängt. Dieſes ſehen wir z. B. am deutlichſten, wenn wir das Wort Glas abwechſelnd mit weichem s oder mit sz ausſprechen. Das reine z läßt, wenn es plötzlich und ſcharf articulirt wird, ein halbes vorangehendes t mitklingen, weil die Zunge unmittelbar vorher vorn in ähnlicher Weiſe von dem Gaumen abſchnellt, um die zur Erzeugung des z nothwendige Stellung anzunehmen. Dieſe phyſiologiſche Nothwendigkeit kehrt auch nicht ſelten in der Orthographie wieder. So z. B. in dem älteren itzo und dem gegenwärtigen jetzt, in dem mit tz geſchriebenen Worte ſetzen, welches in der Ausſprache wie ſezzen klingt u. dgl. mehr. Im Hebräiſchen vereinigen ſich Schrift und Sprache mit einander, um alle dieſe Nuancirungen möglichſt genau zu beſtimmen. So z. B. Sabach (Opfern) (זֶבַח), Iis'rael (Jſrael) (יִשְׂרָאֵל), ssabbeenu (ſättige uns) (שַׂבְּעֵנוּ), szykkah (Hütte) (סֻכָּה) und Zedek (gerecht) (צֶדֶק).

Folgt auf das s ein t, ſo muß die Zungenſpitze auf abwechſelnde Weiſe in verſchiedenem Maaße thätig ſein. Sie ruht nämlich im Normalverhältniſſe behufs der Ausſprache des s im Grunde der Mundhöhle und lehnt ſich an die Hinterfläche der Vorderzähne des Unterkiefers. Um nun das t hervorzubringen, muß ſie ſich umgekehrt an den vorderſten Theil des harten Gaumens und die mittleren Oberkieferzähne anfügen und dann für die nachfolgende Exploſion des Luftſtromes losſchnellen. Wird dagegen aus dem s ein sch, ſo vereinfacht ſich dieſer Mechanismus in hohem Grade, weil die Zunge bei dem sch mit den Seitenrändern ihres mittleren Theiles dem harten Gaumen anliegt und mit ihrer vorderen Parthie mehr oder minder frei bleibt. Dieſes iſt z. B. der Grund, weshalb ſo häufig st und scht in den deutſchen Dialekten in Concurrenz treten. Norddeutſche Stämme, welche ihre Sprachlaute überhaupt mehr der vorderen Hälfte ihres Mundrohres anheimſtellen, überwinden auch mit Leichtigkeit den complicirteren Mechanismus der Zungenſpitze, der zur Production des st erforderlich iſt, und ſprechen daher auch das lispelndere ſtehen ſtatt des mitteldeutſchen ſchtehen. Umgekehrt vermeiden ſüddeutſche und ſchweizeriſche Völker, welche ihre Sprachlaute mehr nach dem weichen Gaumen und der Kehle verſetzen, jene künſtlichere Handhabung der Zunge und ſubſtituiren ſelbſt da, wo es ſonſt leichter geht, scht ſtatt st; ſo z. B. iſcht ſtatt iſt. Das Gleiche haben wir in dem hebräiſchen Schin und Sin, wie in den bekannten Stichworten Schiboleth und Siboleth. Auch bei anderen Lauten kehren ähnliche Verhältniſſe wieder. Aus dem griechiſchen

σχῆμα wird das deutſche Schema; dem ſchwediſchen skänk entſpricht Schenk, Iskia verwandelt ſich in Ischia, indem die Lautbildung weiter nach vorn gerückt wird.

Der breite Ziſchlaut des sch entſteht dadurch, daß ſich die aufgewulſtete Zunge mit ihren Seitenrändern an den harten Gaumen und die ſeitlichen Oberzähne anlegt, in der Mitte dagegen abflacht und aushöhlt, ſo daß der Mundkanal, durch welchen der Luftſtrom ziemlich langſam hindurchzieht, eine gewiſſe relative Breite erhält. Er wird dabei, je nachdem die Zahnreihen mehr oder weniger geöffnet bleiben oder gänzlich geſchloſſen werden, flacher oder ziſchender. Der letztere Fall tritt daher auch bisweilen bei Perſonen, welchen einzelne Vorderzähne mangeln, auf eine nicht ſelten ſtörende Weiſe hervor. Bei Zahnloſigkeit erzeugen die bis auf eine kleine Spalte geſchloſſenen Zahnfleiſchränder die dünne, zum Ziſchen nothwendige Lücke. Dieſe Art der Tönung des sch hat ſchon für den Menſchen etwas Unangenehmes und dient ihm in gleicher Eigenſchaft z. B., um Hunde oder Thiere zu Zornausbrüchen anzuregen. 960

Soll dagegen der Laut milder werden, ſo verkleinert ſich der Mundkanal, indem die Zunge bei ihrer Aufwulſtung andere Formen annimmt und ſich mehr gegen den harten Gaumen ſtemmt. Er fällt daher auch weniger charakteriſtiſch aus und geht dann allmälig in weichere Conſonanten über.

Die bedeutende Mannichfaltigkeit des möglichen Ausdruckes dieſes Ziſchgeräuſches ſcheint auch der vorzüglichſte Grund zu ſein, weshalb nur wenige Sprachen, wie z. B. die ſemitiſchen, das Ruſſiſche u. dgl. beſondere Buchſtaben für daſſelbe haben, die meiſten dagegen ſich oft mit ſehr unpaſſenden Bezeichnungen in dieſer Hinſicht behelfen. So im Deutſchen sch oder bei ſehr weicher Ausſprache g (z. B. Loge), im Franzöſiſchen und zum Theil dem Spaniſchen ch und wiederum ſehr mild als g (z. B. gentil), im Portugieſiſchen x, im Italieniſchen zum Theil sc u. dgl. In der Sprache der Eingeborenen von Tahiti und anderen Südſeeinſeln fehlen ſolche Ziſchconſonanten gänzlich (Forſter).

Das f wird am natürlichſten dadurch hervorgebracht, daß man den Unterrand der vorderen Oberkieferzähne auf den Oberrand der etwas nach hinten gezogenen Oberlippe leiſe aufſtellt und nun die Luft durch die Zwiſchenräume der Zähne oder in ſelteneren Fällen durch die feine Spalte, welche zwiſchen der oberen Zahnreihe und der Unterlippe übrig bleibt, hindurchziſchen läßt. Hierbei liegt dann der Mitteltheil der Zunge am harten Gaumen, die Spitze derſelben dagegen an der Hinterfläche der Unterzähne. Daß aber dieſer Conſonant noch durch andere Stellungen der Mundtheile hervorgebracht werden könne, haben wir ſchon §. 954 geſehen. In jedem Falle iſt ſein Ziſchton bald kürzer, bald länger, und das Deutſche ſucht das letztere wenigſtens häufig durch ff auszudrücken. Auf die in manchen Sprachen auffallend hervortretende Verwechſelung von f, b oder p werden wir bald bei Gelegenheit dieſer Exploſionslaute zurückkommen. 961

Das weichere w ſetzt im Ganzen dieſelbe Stellung der einzelnen

Theile der Lippen, der Zähne und der Zunge voraus und unterſcheidet ſich im Weſentlichen nur dadurch, daß die Mundſpalte breiter wird. Verſtärkt ſich nicht dabei der Wind in bedeutendem Maaße, ſo wird der Laut milder und bleibt rein. Tritt aber jene Compenſation ein, ſo tönt leicht ein halbes u mit, während umgekehrt die Ausſprache von qu unmittelbar in qw überführt. Hieraus erklärt ſich dann auch die Production des engliſchen Anfangs-w, welches z. B. in well faſt wie ouell klingt. Bisweilen ergiebt ſich dann der Uebergang in einen entſprechenden Mittellaut der leichteren Ausſprache wegen von ſelbſt. So z. B. bringen wir leichter Aneurysmen als Anevrysmen hervor. Dieſe Verhältniſſe ſcheinen auch der natürliche Grund zu ſein, weshalb z. B. u und v im Lateiniſchen und Griechiſchen in ſolcher Verwandtſchaft zu einander ſtehen und das volle u oder o des Hebräiſchen, d. h. dasjenige, welche nicht durch Vocalſtigmen, ſondern durch Buchſtaben ausgedrückt werden ſoll, durch das ſonſt wie w ausgeſprochene Zeichen (Waw ו) wiedergegeben wird. So z. B. in Halleluja (Lobet den Herrn) (הַלְלוּיָה) oder in Jom (Tag) (יוֹם).

Das v fällt zwar in der Ausſprache meiſtentheils mit f oder w zuſammen, bildet jedoch ſtreng genommen eine Mittelformation zwiſchen dieſen beiden Conſonanten, indem die Mundſpalte bei genauer Articulation etwas breiter als bei f ausgezogen wird.

962 Bei den beiden Lippen-Exploſivlauten b und p werden die Lippen unmittelbar vorher geſchloſſen und dann, wenn der Luftſtrom bis zu ihnen vorgedrungen, plötzlich geöffnet. Die Zähne und die Zunge verhalten ſich hierbei mehr paſſiv. Lagen die Zahnreihen an einander, ſo müſſen ſie im Momente der Ausſprache oder kurz vorher ebenfalls entfernt werden. Der Hauptunterſchied von b und p liegt dann in der Stärke der Aſpiration, welche bei dem erſteren ſchwächer als bei dem letzteren erſcheint. Der gelindere Stoß des Windes bei b bedingt zugleich eine Art von Reſonanz eines halben e in der hinteren Hälfte des Mundrohres, während die ſtärkere Tönung des p in der Mundſpalte ſelbſt liegt.

Der gegenſeitige Umſatz von b und p, wie er häufig vorkommt, bedarf nach dem eben Erörterten keiner näheren Erklärung. Allein merkwürdiger Weiſe zeigen auch dieſe Conſonanten mit f, v oder w eine große Verwandtſchaft oder bilden Aequivalente derſelben in verſchiedenen Sprachen. Im Hebräiſchen z. B. wird aus bajom (am Tage) (בַּיוֹם), wenn das waw affixum (und) vorkommt, uwajom (und am Tage) (וּבַיוֹם) oder aus pikdonenu (unſer Andenken) (פִּקְדוֹנֵנוּ), ufikdonenu (und unſer Andenken) (וּפִקְדוֹנֵנוּ). Dem griechiſchen und lateiniſchen Cannabis entſpricht das althochdeutſche hanaf, dem griechiſchen *πεμπε* das gothiſche fimf und das althochdeutſche vinf, dem lateiniſchen pulex das althochdeutſche vló und das neuere Floh. Das griechiſche *β* ſprechen die Neugriechen wie w aus. Die Gascogner vertauſchen im Franzöſiſchen b und v und umgekehrt mit einander. Daſſelbe Schickſal erleidet das b in manchen ſpaniſchen Worten, und ebenſo lautet z. B. das Wort aber in manchen Dialekten des ſüdweſtlichen Deutſchlands wie awer. Geht ein u oder a

oder ſelbſt ein anderer Vocal dem b oder p voran, ſo iſt es bequemer, ſogleich ein f oder w auszuſprechen, als eine neue Exploſion behufs des b oder p einzuleiten. Beginnt dagegen ein Wort mit dieſen Conſonanten, ſo wird es, wenn der Mitlauter überhaupt leiſe articulirt wird, wie es ſcheint, im Ganzen gleichgültig, in welcher Weiſe er, wenn nur die Lippen dabei eine weſentliche Rolle ſpielen, hervorgebracht werde.

Die gleichzeitige Combination von p und f ſetzen, wie ſich phyſiologiſch von ſelbſt ergiebt, eine ſehr ſchnelle und complicirte Folge der Stellungen der Lippen und der Zähne voraus. Dieſe Verbindung erregt daher auch bei Leuten, welche zum Stottern geneigt ſind, ſehr große Schwierigkeiten. Individuen, die mit weniger Aeſthetik das Deutſche ſprechen, überheben ſich nicht ſelten dieſer Schwierigkeit und laſſen bei niedriger Ausdrucksweiſe das f am Anfange oder Ende des Wortes hinweg oder verwandeln es in der Mitte deſſelben in ein zweites p. Auf dieſe Art wird dann aus Pforte Porte, aus Kopf Kop und aus Apfel Appel.

Was b und p für die Lippen, bilden in vieler Beziehung d und t 963
für die Zunge und den harten Gaumen. Die Exploſion des Luftſtromes erfolgt hier in dem vorderen Theile des Mundrohres hinter den Zähnen. Entweder legt ſich der vordere Theil der Zunge an den harten Gaumen, während die Spitze nach abwärts geneigt iſt, oder dieſe ſtemmt ſich gegen den Gaumen und die vorderen Oberkieferzähne. Eine ſchwache Aſpiration giebt dann während des Losſchnellens d, eine ſtarke t. Im letzteren Falle klingt leicht bei der Stärke des Aushauchens ein ſchwaches h mit. Daher z. B. die Griechen δ, τ und ϑ mit Recht unterſcheiden.

Ziſcht die ſtärkere explodirende Luft durch die Zwiſchenräume der Ober- 964
kieferzähne nachträglich durch, ſo tönt dabei ein s. Dieſes erklärt z. B. die Ausſprache des neugriechiſchen ϑ, mancher engliſchen th, ſowie des Ueberganges des hebräiſchen Taw in Tsaw (ת in ת). Ebenſo können ſich s, t und d wechſelſeitig vertreten, wie z. B. dem griechiſchen συ das lateiniſche tu und das deutſche du entſpricht. In die gleiche Kategorie gehören z. B. das lateiniſche Mentha, das angelſächſiſche Minta und das deutſche Münze.

Endlich bilden g und k hintere Exploſionslaute des Mundrohres. 965
Die mittlere und zum Theil die hintere Parthie der Zunge legt ſich zu dieſem Zwecke an den harten Gaumen und öffnet dann den Verſchluß, damit ein ſchwächerer oder ſtärkerer Stoß des Windes möglich werde. Jedoch kann auch vorzüglich das g, wie wir zum Theil ſchon früher ſahen, dergeſtalt articulirt werden, daß in der Mitte der mit ihren Seitenrändern an die Zähne ſich anlegenden Zunge ein Raum offen bleibt und eine unvollſtändige oder gar keine Exploſion erfolgt. Die Uebergänge dieſer Laute in andere wurden ſchon §. 957 erörtert.

Dem Naſenrohre fiel bei allen bisher erörterten Conſonanten keine 966
weſentliche Rolle zu. Wir können es zwar dazu gebrauchen, um ſie mehr oder minder mit einem näſelnden Timbre auszuſprechen. Allein wir ſind im Stande, b, c, d, f, g, h, k, ch, p, q, r, s, sch, t, v, w, x und z ſelbſt bei feſt zugehaltenen Naſenlöchern deutlich zu articuliren. Bei l, m, und n

iſt dieſes in dem gleichen Falle nicht möglich. Die Laute gehen dann, wenn ſie iſolirt gebildet werden, in t oder p über. Sind ſie mit nachfolgenden Vocalen verbunden, ſo gelingt ihre Erzeugung unter jener Vorausſetzung nur mit vieler Mühe und unrein, oder ſie werden unter einander oder mit den erwähnten Conſonanten verwechſelt. Es klingt dann z. B. Menſch wie Benſch, nehmen wie dehmen und Liebe wie Niebe. Umgekehrt erhält das d oder t eine Beimiſchung von l oder n, wenn wir einen großen Theil des ſtarken Luftſtromes ſtatt durch den Mund durch die Naſe hindurchleiten.

967 Der mittlere oder vorderſte Theil der Zunge ſtemmt ſich behufs der gewöhnlichen Bildung des l dergeſtalt gegen den harten Gaumen, daß hinter ihm ein ausgehöhlter, nach beiden Seiten geöffneter Palatinal-Zungenraum übrig bleibt. Indem alle Theile in ihren Stellungen verbleiben, ziſcht dann der Wind durch dieſe ſeitlichen Mündungen heraus und tritt vorzüglich durch die Mundwinkel hervor. Hierbei berührt die Zungenſpitze in der Regel die vorderen Oberkieferzähne, während die Zahnreihen und die Lippen etwas geöffnet oder ſelbſt die letzteren in der Mitte geſchloſſen erſcheinen. So nothwendig aber für die Ausſprache des l der laterale Umweg der Luft längs der Backzähne zu ſein ſcheint, ſo wenig braucht ſich der Luftſtrom zweien ſeitlichen Palatinal-Zungenöffnungen entſprechend zu theilen. Denn wir ſind im Stande, dieſen Laut ganz rein zu articuliren, wenn ſich der eine Seitenrand der Zunge an die entſprechenden Oberkieferzähne andrückt, während der übrig bleibende Seitentheil durch ſein Niederſenken einen Palatinal-Lingualraum erzeugt. Man ſieht leicht, daß dieſe für das l nothwendigen firen Stellungen denjenigen ſehr nahe kommen, welche der Exploſion bei der Ausſprache des d und t unmittelbar vorangehen. Ebenſo braucht nur die Zunge in der Mitte und vorn einen nicht ſehr bedeutenden Mundkanal offen zu laſſen, wenn der durchſtrömende Wind einen i-Laut hervorrufen ſoll. Dieſes erklärt dann, weshalb ſo oft im Italieniſchen, Spaniſchen und Franzöſiſchen neben dem l ein halbes i bis j mitklingt. So z. B. fille, feuille. In dem milden Italieniſchen ſupplirt ſogar das i das l. Wir haben z. B. für planus piano, für flos fiore.

Verſetzt man den Raum, zu deſſen Seiten die Luft hinausgetrieben wird, weiter nach hinten, ſo daß er mehr durch den weichen Gaumen und die Zungenwurzel begrenzt wird und die Zungenſpitze am harten Gaumen weiter nach hinten gezogen iſt, ſo erhält das l einen weniger äſthetiſchen, voller klingenden Ton, welchen auch manche Sprachen und Dialekte, wie z. B. das Polniſche, das Türkiſche, das Mittelſchweizeriſche und das Engliſche, z. B. in well, schell benutzen. Gehen dieſem l als Vocale a oder u voran, ſo klingt leicht ein halbes o mit. Stützt es ſich dagegen auf ein vorausgeſtelltes i, ſo wird oft, beſonders von minder geübten Zungen ein u dazwiſchen geſchoben. Das Wort Milch z. B. tönt dann beinahe wie Miulch.

968 Bleibt die mittlere oder vordere Parthie der Zunge an den harten Gaumen angedrückt, während der größte Theil des Windes nicht durch den Mund, ſondern durch die Naſe entweicht, ſo entſteht der Laut des n.

Er ſetzt aber zu gleicher Zeit eine Oeffnung der Zähne und Lippen oder wenigſtens der Mundwinkel voraus. Dieſes einfache n findet ſich z. B. in den Wörtern an, nichtig u. ſ. w. Folgt auf daſſelbe ein g, ohne daß dieſes eine neue Sylbe beginnt, ſo wird das n ſtärker aſpirirt und verwandelt es ſich in k. Wir ſprechen daher Fang wie Fank aus, unterſcheiden aber genau ſingen und ſinken. Während jedoch der Naſentimbre bei dieſen n-Lauten entweder gänzlich zurücktritt oder kaum vernehmbar iſt, wird die naſale Reſonanz bei anderen Arten von n, z. B. in Anker, an (Jahr) vorherrſchender und gewinnt z. B. in eng, ainsi die Oberhand. Hier klingt dann leicht, wenn die Tönung in eigenthümlicher Art modificirt wird, ein halbes g oder j oder i nach. Die Spanier z. B. bezeichnen dieſen Laut durch ihr n con tilde (ñ). Die verſchiedenen Sprachen unterſcheiden ſich oft ſehr beſtimmt durch ihre abweichenden Articulationen des einzelnen n. Man hört dieſes z. B. in dem deutſchen ſonder und dem franzöſiſchen sonder, dem italieniſchen bontá und dem franzöſiſchen bonté deutlich.

Die Erzeugung des m endlich ſetzt die gleichzeitige Thätigkeit des Lippen- und des Naſenrohres voraus. Viele Grammatiker ſtellen dieſen Conſonanten mit b oder p oder mit b und f zu den Lippenbuchſtaben. Allein eine ſolche Anordnung iſt deshalb unrichtig, weil jene Mitlauter ſelbſt bei Verſtopfung des Naſenrohres deutlich articulirbar ſind, das m dagegen bei feſtem Verſchluß der Naſenöffnungen wie b oder p klingt. Bei ſeiner Bildung klappen die Lippen zuſammen, während die Luft durch die Naſenhöhle getrieben wird. Hierbei geht es, ſowie die Schließung nicht mehr den Lippen allein, ſondern auch der Zunge anheimgegeben wird, unmittelbar in n über. Daher auch beiderlei Conſonanten, beſonders wenn ſie ſich an einen vorangehenden Vocal anlehnen, geradezu in vielen Sprachen für einander vicariiren. So z. B. entſpricht dem lateiniſchen centrum das griechiſche κέντρον, während condemnare, verdammen, im Franzöſiſchen condamner wie condanner lautet.

Bei der eben geſchilderten Mechanik habe ich, ſo ſehr es anging, mein eigenes Sprachorgan vorzugsweiſe berückſichtigt. Aehnliche, jedoch im einzelnen bisweilen abweichende Darſtellungen, welche ſich beſonders auf das Phyſiologiſche beziehen, finden ſich in: W. von Kempelen, Mechanismus der menſchlichen Sprache nebſt der Beſchreibung ſeiner ſprechenden Maſchine. Wien, 1791. 8. S. 178 fgg. E. F. F. Chladni in Gilbert's Annalen. Bd. XVI. Leipzig, 1824. 8. S. 187—216. C. F. Heusinger in ſeiner Ueberſetzung der dritten Auflage von Magendie's Physiologie. Bd. I. Eisenach, 1834. 8. S. 277 — 290. Jan Puskinie Badania, w przedmiocie fizyologii mowy Ludzkiéj. Kraków, 1836. 8. Joh. Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Abth. I. Coblenz, 1837. 8. S. 231—40. und F. Blume, neueſte Heilmethode des Stotterübels. Quedlinburg und Leipzig, 1841. 8. S. 32—43.

Kratzenſtein, Kempelen und R. Willis verſuchten mit mehr oder minder Glück durch künſtliche Vorrichtungen oder ſogenannte Sprachmaſchinen die einzelnen Conſonanten und Vocale wiederzugeben. Der Mechanismus von Kempelen, welcher ſelbſt ganze franzöſiſche oder italieniſche Sätze (z. B. je vous aime de tout mon coeur) und einzelne deutſche Worte hervorbrachte, iſt in des Verfaſſers oben angeführter Schrift S. 388—456 ausführlich geſchildert. Seine weſentlichſten Theile beſtehen aus einem nach Art des Mundſtückes der Clarinette eingerichteten Zungenwerke, welches entweder Baß- oder Falſettöne hervorbringt, einer Windlade, einem Blaſebalg und einem Anſatzrohr, welches den Mund vorſtellt und zwei Nebenröhrchen als Analoga der Naſenkanäle hat.

969 Manche wilde Stämme beſitzen in ihren Dialekten außer den eben behandelten Lauten, welche in den Sprachen aller gebildeten Völker wiederkehren, eigenthümliche ſchnalzende, ſchnarrende und brummende Töne, deren phyſiologiſche Analyſe noch von der Zukunft zu erwarten iſt. Die Bildung von vielen derſelben ſetzt ein gleichzeitiges oder vorangehendes Einziehen der Luft in den Mund voraus und unterſcheidet ſich daher weſentlich von der Formation der Conſonanten civiliſirter Nationen.

Die Erzeugung der gewöhnlich bei dem Lautiren der Buchſtaben und Worte hervorgebrachten Geräuſche ſetzt nicht nothwendig voraus, daß die Luft von den Lungen aus heraufgepreßt werde, ſondern kann ſelbſt ohne dieſe Bedingung und wenn eben nur Atmoſphäre in dem oberen Theile des Kehlkopfes und des Pharynx, ſo wie dem Mund- und dem Naſenrohre in Bewegung geſetzt wird, erfolgen. Bringt man z. B. eine mit einem Condenſationsapparate in Verbindung ſtehende elaſtiſche Röhre durch die Naſe in den oberſten Theil des Pharynx ein und läßt in dieſen verdichtete Luft einſtrömen, ſo kann ſie nach Art der Stimme articulirt werden. Die auf ſolche Weiſe zu bildenden Töne kommen ſogar neben den gewöhnlichen Lauten zu Stande (Deleau). Dieſem zum Theil entſprechend war ein Menſch, bei welchem die Communication der Luftröhre mit dem Kehlkopfe in Folge eines verunglückten Selbſtmordverſuches durch Verwachſungen unterbrochen worden, im Stande, b, c, d, f, g, h, i, j, k, p, q, r, s, t, u, v, x. y, z im Franzöſiſchen zu articuliren. a, e, l und vorzüglich o bereiteten ſehr große Schwierigkeiten. Die Ausſprache von m und n dagegen war gänzlich unmöglich. Der Mann mußte durch eine Luftröhrenfiſtel, in welche er eine Canüle einbrachte, athmen. Beabſichtigte er zu ſprechen, ſo öffnete er den Mund, ſenkte den Pharynx, hob den Kehlkopf, nachdem er den Stimmkanal mit Luft gefüllt hatte, in die Höhe und lautirte ſtoßweiſe und mit Intervallen zwiſchen je zwei Worten, als wenn er huſten wollte. Obgleich ſein Ausdruck nicht rein war, ſo war er doch deutlich zu verſtehen. Mit den Körperkräften nahm auch in der Folge ſeine Sprache, die ſelbſt bei verſchloſſenen Naſenlöchern möglich war, ab. Er konnte überdies pfeifen, ſich ſchnäuzen, huſten und nieſen. Die Verwachſung ſelbſt lag, wie die ſpätere Section lehrte, zwiſchen dem Ring- und Schildknorpel und war ſo dicht, daß kein Minimum von Flüſſigkeiten, welche in den Kehlkopf geſpritzt wurden, in die Luftröhre eindrang (Regnauld) [1].

970 Die Sprachorgane bedürfen gleich allen anderen Apparaten der Muskelbewegung einer beſtimmten Uebung, um die mannichfachen Conſonanten und Vocale hervorzubringen. Das Kind, welches charakteriſtiſche Laute zu bilden anfängt, producirt nur die leichteſten, wie a, ä, e, i, u, b, l, t, das ſchnarrende r, ein nicht ganz präciſes m u. dgl. von ſelbſt. Lernt es ſpäter nur eine Sprache reden, ſo werden ſeine Organe in einer bloß einſeitigen Richtung erzogen. Dieſer Fehler bleibt dann auch für die Folge mehr oder minder habituell. Schwierigere Laute anderer Sprachen können daher nur mit Mühe oder gar nicht nachgeahmt werden. So z. B. ſind die meiſten Deutſchen außer Stande, das engliſche th, die Franzoſen und Engländer das weiche ch, die weſtlichen Schweizer das ei, welches bei ihnen mehr wie ai klingt, die Italiener das lange o u. ſ. w. gehörig wiederzugeben. Zarte Kinder dagegen, welche mehrere Sprachen gleichzeitig erlernen, erlangen dadurch eine ſo vielſeitige Beweglichkeit ihrer Sprachwerkzeuge, daß ſie die mannichfaltigſten Dialekte gleich den Eingebornen zu articuliren vermögen.

971 So ſehr aber auch die gegenſeitige Combination der Vocale und Conſonanten und die Aneinanderreihung der letzteren in den verſchiedenen Sprachen wechſelt, ſo werden doch dabei die phyſiologiſchen Normen der Sprach-

---

[1] Gazette médicale de Paris. 1841. 4. Nr. 37. 583—585.

werkzeuge in keinem Falle hintangeſetzt. Immer lehnt der Menſch Vocale an Conſonanten, damit eine Reihe von Lauten im Laufe einer Exſpiration hervorgebracht werden könne. Ebenſo folgen meiſtentheils nur ſolche Conſonanten auf einander, bei denen ein vorderer und ein hinterer Theil der Sprachorgane unmittelbar nach einander thätig ſind, oder die wenigſtens keine zu künſtlichen Sprünge der einzelnen Parthieen der Mundtheile erfordern [1]). Aus den gleichen Gründen haben z. B. das Hebräiſche und Arabiſche, welche tiefe Gutturalvocale beſonders häufig gebrauchen, das tiefe ch, das raſſelnde a und r beſonders ausgebildet. Ebendeshalb bilden die Schweizer, bei ihrer vorzugsweiſen Benutzung der hinteren Hälfte ihrer Sprachwerkzeuge, das y ſtatt des ei und das Guttural-ch und -l auffallend aus, während die Norddeutſchen und Engländer, welche mehr die vorderen Parthieen des Mundrohres in Anſpruch nehmen, auch das lispelnde s, st, th, die Franzoſen die Naſenklänge u. dgl. mit Vorliebe gebrauchen.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß organiſche Fehler der Sprachwerkzeuge, wie z. B. der Lippen, der Zähne, der Zunge, des weichen Gaumens, der Mandeln und der Stimmbänder weſentliche Hinderniſſe dem Sprechen in den Weg legen müſſen. Allein die meiſten Abnormitäten deſſelben entſtehen dadurch, daß die einzelnen Theile der ſonſt regelrecht gebildeten Sprachwerkzeuge den erforderlichen Bedingungen träger gehorchen oder zartere Stellungsverhältniſſe gar nicht vermitteln können. Manche Stämme z. B. ſind nur ſtärkerer Exploſionen der Lippen fähig und reden daher immer Putter ſtatt Butter. Andern begegnet daſſelbe an der Spitze oder der Wurzel der Zunge. Sie articuliren deshalb tas ſtatt das oder kroß ſtatt groß. Noch Andere endlich verwechſeln f mit w und ſprechen darf wie darw. Seltener ſchon wird g mit t vertauſcht. Einzelne Erwachſene und vorzüglich kleine Kinder ſagen nicht ſelten Tlück ſtatt Glück oder theinen ſtatt keinen, weil die erſtere Combination eine unmittelbare Succeſſion der vorderen und hinteren Zungentheile einſchließt, welche der letzteren als der complicirteren abgeht. Ausländer, z. B. Franzoſen, die ſeltener am Anfange der Wörter ſcharf zu aſpiriren gewohnt ſind, ſprechen oft aben ſtatt haben. Aus ähnlichen Gründen machen ſie ſowohl, wie Italiener und Engländer, welche das Deutſche zu erlernen anfangen, aus ich ik. Perſonen mit geringerer Beweglichkeit der Zunge bringen nie das feine l gut hervor, ſondern laſſen es, wo es angeht, ganz hinweg oder bilden es als rauheren hinteren Gaumen-, Zungen- oder Gutturallaut oder ſchalten vor ihm ein halbes d ein, ſo daß z. B. Bild wie Bidld klingt. Manche Dialekte, wie z. B. das Oeſterreichiſche, gefallen ſich ſogar darin, das e, welches vor dem Schluß-l kommt, ſo ſehr als möglich zu verſchlucken und z. B., ſo weit es überhaupt angeht, Pfandl, Bachl, Kinderl, Hirſchl u. dgl. zu ſprechen. Daß m bei voller Naſe oder zu großen Tonſillen leicht zu b und n zu l oder d werde, wurde ſchon früher erwähnt. Eben ſo haben wir geſehen, daß das einfache r durch eine ſchnarrende Ausſprache zu rr wird. Bei Leuten, welche deſſen wegen Anſchwellungen oder anderen Abnormitäten im Isthmus faucium unfähig ſind, tritt bisweilen h, l oder w hervor. Das s klingt entweder zu ziſchend oder hat ſogar einen Nebenton von f, oder wird zu breit und geht daher unmittelbar in ein weicheres oder breiteres sch über. Das erſtere entſteht vorzüglich, wenn die Zungenſpitze die Oberkieferzähne, das letztere, wenn der Zungenrücken vorn den harten Gaumen berührt. Deutſche, die keine Uebung im Franzöſiſchſprechen haben, verwechſeln oft das harte sch mit dem weichen und ſprechen schamais ſtatt jamais. Nur bei ſehr geringer Beweglichkeit der Zunge geht t in k über. Deſto eher verwandelt ſich w in b, ſo daß z. B. dieſe Verwechſelung bei den Krainern habituell wird. (Bei barmem Better ſtatt bei warmem Wetter) [2]).

---

[1]) Tabellen, welche dieſe Combinationen in verſchiedenen Sprachen betreffen, geben Kempelen a. a. O. S. 371—386. und K. M. Rapp, Phyſiologie der Sprache. Bd. I. Stuttgart und Tübingen, 1836. 8. S. 86—98.

[2]) Kempelen a. a. O. S. 366.

Während ein theilweiſer Mangel der Vorderzähne die Sprache einzelner Buchſtaben, wie des s und j, zu ziſchend oder zu breit macht, verurſacht eine zu große Kürze des Gaumenſegels oder ein Loch im harten Gaumen einen fortwährenden Naſenton der Stimme. Mangel der Naſenſcheidewand oder der Naſenbeine bedingt ähnliche Effecte und verändert vorzüglich die Reſonanz des m und n auf eine unangenehme Weiſe. Eine zu große Unbeweglichkeit der Zunge, wie ſie z. B. bei Trunkenen oder Halbcretins vorkommt, ertheilt der Stimme einen widerlichen und undeutlichen lallenden Character. Bei halbſeitiger Lähmung der Zunge, wie ſie z. B. bei Hemiplegiſchen häufig vorkommt, tritt dieſer Uebelſtand in noch höherem Grade ein. Bei vollkommener Paralyſe oder Mangel derſelben können zwar noch einzelne unarticulirte Laute, aber keine irgend deutlichen Worte hervorgebracht werden.

Das regelmäßige Sprechen ſetzt einen präciſen und ſehr raſchen Wechſel der verſchiedenen Stellungen der einzelnen Sprachwerkzeuge voraus, ungefähr wie der Clavierſpieler in wenigen Secunden die differenteſten Taſten in der mannichfaltigſten Weiſe mit ſeinen Fingern berühren muß. Dieſes Problem kann aber nur gelöſt werden, wenn alle Theile auf das Pünktlichſte dem Nervenſyſteme gehorchen und das letztere ſelbſt, durch keine anderen Momente zerſtreut, ſeine Befehle ſchnell und zweckmäßig ertheilt. Fällt eine ſolche Bedingung aus, ſo muß ſich dieſes auf der Stelle in der Sprache reflectiren. Mangel an gehöriger Uebung verurſacht immer ein langſameres oder unrichtigeres Sprechen. Durch Zerſtreuung, Verlegenheit oder Gemüthsaffecte werden leicht einzelne Worte zu lang ausgezogen oder mit Einſchaltungsvocalen verſehen, welche nicht hergehören. Man ſpricht z. B. ſtatt ich Ich oder iech oder ichä. Im Zorn wird das anredende Herr zu Herrr — u. ſ. w. Häufig vertauſchen ſich dann auch einzelne Conſonanten, oder es werden vorzüglich ſchwierigere Worte oder Silben fehlerhaft articulirt. Endlich kann auch die unregelmäßige Stärke des Windes ein Praſſeltönen verurſachen oder Speichel hervorſpritzen laſſen.

Eine eigenthümliche krampfhafte Affection bildet das **Stottern**. Hier können zwar die einzelnen Laute gut articulirt werden. Allein ihre Verbindung ſtößt auf Schwierigkeiten, ſo daß einerſeits beabſichtigte Töne ausbleiben, während anderſeits relativ leichtere mehrere Male hinter einander unwillkührlich wiederholt werden. Beiderlei Fälle treten ſchon häufig bei Geſunden, welche ſich in Verlegenheit befinden, hervor. Hier, wie bei dem habituellen Stottern beruht das vorzügliche Leiden der Betreffenden auf einem augenblicklichen Krampf der Kehlkopfmuskeln mit oder ohne einen ſolchen der hinteren Sprachwerkzeuge und ein pathologiſches Erzittern der vorderen Sprachorgane, welche auf conſenſuelle Weiſe die geringere Thätigkeit der hinteren durch zu oft wiederholte Bewegungen zu compenſiren ſuchen. Indem nun aber bald die eine, bald die andere Richtung vorherrſcht, indem ſich abnorme Mittelreſultate bilden und allgemeinere convulſiviſche Bewegungen bei größeren Anſtrengungen hinzutreten, erzeugt ſich eine unendliche Mannichfaltigkeit von Stotterübeln, die ſich nur ſchwer unter gewiſſe allgemeinere Rubriken bringen laſſen.

1) Der Krampf der Kehlkopfmuskeln bedingt die weſentlichſten Hinderniſſe (Gutturotetaniſches Stottern). Dadurch, daß die Stimmritze nebſt dem weichen Gaumen und der Zungenwurzel nicht gehörig gehorchen, ſtößt die Ausſprache der Vocale a, e, i, o, u, ſo wie die des g, k, ch, qu und zum Theil ſelbſt des l auf Schwierigkeiten. Im günſtigſten Falle werden die Töne grob und ſpringen aus einem Vocal in einen andern, z. B. aus a in ao und o, oder aus einer Tonweiſe in die andere über. Zwiſchen den einzelnen erzeugten Lauten liegt ein Zeitabſchnitt, in welchem ſich das Stimmorgan ſammelt oder bei der Rauhigkeit ſeiner Muskelbewegungen unfruchtbare Anſtrengungen macht. Erreicht der Stimmritzenkrampf ſein Maximum, ſo können gar keine Laute hervorgebracht werden. Das Hinderniß der Athmung, vorzüglich aber das ſo intenſive Bemühen, die gehörigen Töne zu erzeugen, bedingt nicht ſelten eine Reihe der heftigſten Krampferſcheinungen im übrigen Körper. Die convulſiviſchen oder unzweckmäßigen Contractionen dehnen ſich zunächſt auf die Kau- und Geſichtsmuskeln, ſo wie auf die äußere Muskulatur des Kehlkopfes und des Zungenbeines, dann aber auch auf die des Halſes, der Bruſt, des Nackens und ſelbſt der Extremitäten aus.

2) Als Gegenſtück dieſes ſtarren Krampfes der hinteren Theile der Sprachwerkzeuge erſcheinen die convulſiviſch ſich wiederholenden Bewegungen der vorderen. Der Stotternde bildet daher zunächſt die Lippenlaute öfter hinter einander und ſpricht ſtatt brauchen

be—be—be—berauchen, ſtatt Pein Pe—pe—pe—pein. Er ſtößt ferner z. B. bei dem m, zu deſſen Ausſprache der vorangehende Verſchluß der Lippen nothwendig iſt, an, indem die Zunge in ähnliche krankhafte Schwankungen geräth und die unpaſſenden Laute in der Mitte oder dem hinteren Theile der Mundhöhle wiederholt werden. Verwandte Erſcheinungen treten bei Buchſtaben, deren Lautirung eine gewiſſe fire Stellung der Zunge vorausſetzt, z. B. dem d, t, g, k, l und zum Theil n auf. Man hat dieſe zweite compenſirende Art des Stotterns mit dem Namen des labio-choreiſchen bezeichnet. Nach dem eben Dargeſtellten aber dürfte die Benennung des choreiſchen im Gegenſatze zu der des tetaniſchen vorzuziehen ſein. Beiderlei Modi finden ſich meiſt gleichzeitig, ſo jedoch, daß bald der eine, bald der andere vorherrſcht. Daß als Nebenphänomene des Stotterns die Convulſionen der Geſichtsmuskeln, das unpaſſende Durchziſchen der Luft durch den Mund, das Hervorſpritzen des Speichels ſehr leicht auftreten können, verſteht ſich von ſelbſt. Die Athmungsbeſchwerden, welche ſich hiermit nicht ſelten verbinden, erzeugen Röthe oder Bläue des Geſichts, die Convulſionen der Geſichtsmuskeln Thränen der Augen. Iſt der Krampf überwunden, ſo ſpricht oft der Menſch die beabſichtigten Worte weit raſcher, als er ſoll oder will.

Wenn Stotternde in der Bildung einzelner Vocale oder Conſonanten Schwierigkeiten finden, ſo fallen dieſe hinweg oder werden wenigſtens bedeutend vermindert, ſobald ſie paſſende Uebergangslaute oder Zwiſchentöne einſchalten können. Gutturotetaniſche articuliren z. B. leichter ëä als a, choreiſche eher ebela als bla, pfater beſſer als Vater und dergleichen.

Das Leiden kommt weit häufiger bei Männern als bei Frauen vor. Nach der Schätzung von Colombat [1]) findet ſich in Frankreich unter 2500 Männern je ein ſtark Stotternder, während bei Frauen erſt ein Verhältniß = 1 : 20000 exiſtirt. Dieſer Unterſchied hat wahrſcheinlich darin ſeinen urſprünglichen Grund, daß ſich der männliche Kehlkopf bedeutender entwickelt, ſeine Muskeln rigider und daher von den Nerven ſchwieriger zu beherrſchen ſind und der Mann ſeine körperlichen Zuſtände weniger berückſichtigt, Gebrechen der Art minder zu verbergen ſucht als die Frau. Aus dem letzteren Grunde findet ſich auch bei dieſer das tumultuariſche Stottern mit oder ohne Ausſpritzen des Speichels bei weitem ſeltener.

Daß das Uebel in dem Einfluſſe der Nerven auf die Sprachwerkzeuge vorzugsweiſe begründet ſei, lehren einzelne Erſcheinungen und veranlaſſende Urſachen deſſelben. Jeder Stotternde verliert ſeine Infirmität während des Singens [2]) theilweiſe oder gänzlich, wird aber von ihr, ſo wie er in ſeinen Gedanken unklar wird oder eine fremde, ihm nicht geläufige Sprache reden ſoll, in höherem Maaße afficirt. Es giebt ſogar Individuen, welche z. B. in Heilanſtalten das Hochdeutſche vollkommen gut zu ſprechen gelernt haben, ſogleich aber wieder zu ſtottern anfangen, ſo wie ſie in ihre Heimath zurückgekehrt ihren Volksjargon zu lautiren beginnen. Perſonen, die in früheren Jahren an dieſem Uebel gelitten haben, articuliren ſpäter, ſo wie ihr Geiſt mehr Selbſtſtändigkeit erlangt, auf befriedigende Weiſe. Menſchen, welche viel mit Stotternden umgehen, die Sprache derſelben zuerſt aus Leichtſinn nachahmen oder einen ſolchen Fehler ſimuliren, um ſich z. B. der Militärpflicht zu entziehen, werden von ihm nicht ſelten in der Folge wahrhaft heimgeſucht. Manche Individuen ſprechen ganz gut, wenn ſie allein ſind oder ſich nur in vertrauten Kreiſen befinden, ſtoßen aber an, ſo wie ſie Fremden begegnen. Bei Anderen tritt das Uebel nur zu gewiſſen Zeiten und vollkommen intermittirend ein. Sehr lebhafte und geiſtvolle Perſonen gelangen bisweilen dadurch zum Stottern, daß ihre Ge-

---

[1]) Colombat Dissertation sur le bégaiement, ses causes, ses variétés, ses moyens curatifs, procedée de quelques considérations psychologiques et physiologiques sur la formation de la parole et sur l'origine des sons vocaux articulés. Strasbourg, 1836. 4. p. 54.

[2]) Dieſer Einfluß des Rhythmus zeigt ſich auch bei anderen Muskelbewegungen. Schon die unwillkührliche Aſſociation der Muſik mit dem Tanze, das Geberdenſpiel, welches viele Völker mit ihrem accentuirten Sprechen verbinden u. dgl. bilden Belege deſſelben. Colombat (a. a. O. S. 36) erwähnt einen Fall, in welchem ein junges Mädchen bei ſeinen gewöhnlichen Bewegungen ohne ſichtlichen organiſchen Fehler hinkte, dagegen vollkommen gut tanzte und ſchon, wenn es nur mit einem Anderen in regelmäßigem Schritt ging, keine Abweichung wahrnehmen ließ.

danken ihre Worte überholen und ſich ihre Stimmwerkzeuge in einem fortwährenden Kampfe der gewünſchten und der möglichen Thätigkeitsgröße befinden. Dieſe nervöſen Momente müſſen vor Allem bei dem Stottern feſtgehalten und nicht bloß auf die Stimmritze, ſondern auf die Sprachorgane überhaupt bezogen werden. Organiſche Fehler der Lippen, der Zähne, der Zunge, des Zungenbändchens, des Gaumens bedingen eine fehlerhafte, ziſchende, lallende oder unvollkommene Ausſprache, aber kein wahres Stottern. Daß jedoch dieſes mit ſolchen Gebrechen acceſſoriſch verbunden ſein kann, verſteht ſich von ſelbſt.

Die Einflüſſe, welche äußere Verhältniſſe auf das Uebel ausüben, ſind bis jetzt noch nicht hinreichend ſtudirt. Eine dichtere Luft, größere Kälte oder zu bedeutende Hitze vermehren daſſelbe. Auch eine plötzliche Veränderung des Wetters ſoll die gleiche Wirkung haben, ſo daß Kranke der Art ſolche Erſcheinungen zum Theil vorausſagen können.

Halten wir uns an die oben erwähnte Idee, daß das wahre Stottern meiſtentheils ein Nervenleiden und keine bloße Folge organiſcher Fehler der Mundtheile ſei, ſo fallen viele zur Heilung des Uebels gemachten Vorſchläge von ſelbſt hinweg. Hierher gehören z. B. der Gebrauch von Adſtringentien, die Einreibung von Crotonöl in die Gegend des Kehlkopfes, die Löſung des Zungenbändchens (Guy de Chauliac), welches höchſtens fehlerhafte breite Ziſchtöne eliminiren kann, die Anlegung der Zungenſpitze (Mad. Leigh) oder des Zungenrückens an den harten Gaumen (Malbouche), die Unterfütterung der Zunge mit einem Holz- oder Metallſtücke, die Einkapſelung der Zähne mit Blech, die gleichzeitige Geſticulation mit den Armen oder mit den Fingern und Zehen und endlich die in neuerer Zeit empfohlene Durchſchneidung des Genioglossus. Die letztere Operation iſt um ſo mehr zu verwerfen, als ſie der Gefahr der Blutungen wegen die gefährlichſte unter allen Myotomieen iſt, oft ſchon für den Augenblick und meiſt auch in der Folge nichts nützt und auf irrationellen anatomiſchen und phyſiologiſchen Vorausſetzungen beruht. Will man aber durch einen tiefen pſychiſchen Eingriff wirken, ſo kann man daſſelbe unblutig und mit weniger Gefahr erreichen. Zweckmäßiger dagegen ſind die Vorſchläge, die Stotternden nach Demoſtheniſcher Weiſe Sätze in rhythmiſcher oder melodiſcher Folge ſprechen, oder die Methode von Arnott, dieſelben Laute viele Male wiederholen und z. B. ſtatt Beſen Be—e—e—ſen ſagen zu laſſen. Dieſe letztere Uebung hat zum Zweck, die Stimmritze unter allen Verhältniſſen offen zu erhalten und bezieht ſich daher vorzugsweiſe auf diejenigen Fälle, in welchen das Stottern vorherrſchend gutturotetaniſch iſt. Eine gleiche Abſicht hat die Idee von Joh. Müller [1]), Stotternden Worte, in welchen die Explosiva b, p, d, t, g und k fehlen, zu leſen zu geben und ſie gedehnt ausſprechen und jeden Buchſtaben intoniren zu laſſen. Allein viele von ihnen ſtoßen gerade an dem m, n, f, l, ch u. dgl. an. Am zweckmäßigſten erſcheinen eklektiſche Methoden, welche die Unarten der Sprachwerkzeuge, die allmäligen Lautübungen und die pſychiſchen Verhältniſſe bei den einzelnen Individuen ſtudiren und berückſichtigen. Ueber ſolche mehr pädagogiſche Vorſchriften ſ. R. Schultheß, das Stammeln und Stottern. Zürich, 1830. 8. Colombat a. a. O. S. 41—54. und Orthophonie oder Physiologie und Therapie des Stotterns und anderer Sprachgebrechen von Colombat de l'Isère. Nach der zweiten Original-Ausgabe und deren Ergänzungsschrift bearbeitet von H. E. Flies. Quedlinburg und Leipzig, 1840 8. F. Blume, neueſte Heilmethode des Stotterübels. Quedlinburg und Leipzig, 1841. 8.

972 Das Gehör und der Geiſt bilden die beiden Regulatoren der Sprache. Taubſtumme reden nur deshalb nicht, weil ihnen die Perception der Laute entgeht. Ihre Sprachwerkzeuge weichen zwar häufig in untergeordneten Verhältniſſen von dem Normalzuſtande ab; allein keiner dieſer Fehler iſt ſo bedeutend, daß hierdurch die Möglichkeit der Tonerzeugung aufgehoben würde. Bekanntlich können auch ſolche Individuen reden lernen. Ihren Worten fehlt jedoch der melodiſche Accent. Sie bilden unangenehme, rauhe, heulende gezwungene Töne, welchen man eine gewiſſe Schwerfälligkeit der Zunge nicht ſelten anhört. Kinder, die in ihrem fünften bis achten Lebens-

---

[1]) Physiologie. S. 243.

jahre vollkommen taub geworden, verlieren auch häufig die Sprache. Aehnliche Schickſale erleiden bisweilen Erwachſene. So lange ſie bloß ſchwer hören, wiſſen ſie nur in der Regel kein Maaß der Rede zu halten. Sie lautiren, vorzüglich mit ihren Lippen, auf weit expreſſivere Weiſe als Geſunde und ſprechen zu leiſe oder noch öfter ſo laut, als wenn alle Anderen ebenfalls taub wären. Haben ſie aber das Gehör gänzlich verloren und zeichnen ſie ſich durch keinen ſehr hohen Grad von Intelligenz aus, ſo wird ihre Sprache im Laufe der Jahre immer undeutlicher und lallender. Sie verlieren die gehörige Uebung der Zunge, vergeſſen einzelne Worte und Laute und können ſelbſt zuletzt nach 10 bis 12 Jahren ganz ſtumm werden.

Auch bei dem geſunden Menſchen beſtimmen Gehör und Geiſt den melodiſchen Ausdruck der Rede. Von vorn herein hat jedes Wort ſeinen Accent, d. h. eine Sylbe oder ein Vocal wird vor den andern durch eine bedeutendere Erhebung oder eine größere Länge des Tones bevorzugt. Dieſer Umſtand greift ſo tief ein, daß er Vocale und Conſonanten nicht ſelten weſentlich und zwar wiederum nach phyſiologiſchen Geſetzen umändert. In manchen Sprachen halten ſich Accent und Längen der Sylben an verſchiedene und zum Theil unabhängige Geſetze, in anderen dagegen nicht. Jene ſind daher auch, wie das Griechiſche, Lateiniſche und Deutſche, einer rhythmiſcheren Behandlung als das Franzöſiſche, Italieniſche und Engliſche u. dgl. fähig. In einzelnen Dialekten verbindet ſich mit der Sprache eine eigenthümliche Accentuation, in anderen eine beſondere Geſangweiſe. Beides iſt häufig noch, ſowie ſolche Individuen fremde Sprachen reden, deutlich zu erkennen.

Endlich gehört noch hierher der Ausdruck des Redenden, der mehr von dem Geiſte als dem muſikaliſchen Gehöre beſtimmt wird. Intelligente Perſonen ohne das letztere wiſſen ihrer Sprache den Zauber der inneren Gefühle mitzutheilen und jede wahre oder ſcheinbare leidenſchaftliche Aufregung, auf welche ſich die Worte beziehen, ohne Affectation wiederzugeben. Dieſe Thätigkeit verbindet ſich in höheren Graden mit den entſprechenden Stellungen und Bewegungen der einzelnen Körpertheile und wird auf dieſe Art zur Declamationskunſt.

Nach Mansfeld [1]) haben die meiſten Taubſtummen einen flachen Bruſtkaſten und unvollkommen entwickelte Lungen. Sie ſind daher genöthigt, bei anhaltendem Reden häufiger als Geſunde einzuathmen und werden nach zurückgelegter Pubertätszeit nicht ſelten ſchwindſüchtig. Ihr Kehlkopf bildet ſich in geringerem Maaße aus, ſo daß er bei männlichen Individuen dem von weiblichen deſſelben Alters gleicht, bei dieſen dagegen am Halſe wenig oder gar nicht vorſteht. Das Zäpfchen iſt entweder zu groß oder verkrümmt und nur warzenartig, ſelten aber normal. In letzterem Falle hat es eine geringere Beweglichkeit oder eine größere Neigung, ſich ſchief zu ſtellen. Das meiſt kleine Gaumenſegel bleibt in den häufigſten Fällen an dem harten Gaumen, der entweder ganz flach oder ausgehöhlt erſcheint, ſtraff angezogen. Mit einer ſchiefen Stellung oder einer zu großen Entfernung der Zähne verbindet ſich eine zu große Länge oder Breite oder Dicke der Zunge. Die Mandeln werden leicht hypertrophiſch.

Der Redeunterricht der Taubſtummen kann natürlich nur dadurch erfolgen, daß man ihnen die nothwendigen Stellungen und Bewegungen der Sprachwerkzeuge vormacht und

[1]) Froriep's neue Notizen. Nr. 256. S. 223. 24.

dieſelben mit Intonation der Stimme nachbilden läßt [1]. Da aber die Controle des eigenen Gehörs mangelt, ſo behält in dieſer Hinſicht ſelbſt der glücklichſte Verſuch etwas Unbeholfenes. Taube, welche die Worte Anderer vernehmen wollen, halten ſich vorzugsweiſe ebenfalls an die ſichtlichen Bewegungen der Sprachorgane. Da aber nur die vorderen Theile unmittelbar den Augen auffallen, ſo ſuchen ſie das Uebrige zu errathen, ſo daß auf dieſe Art häufige Mißverſtändniſſe ſelbſt bei den Gebildetſten auftreten.

973 Bei dem gewöhnlichen Sprechen vernehmen wir den Ort, von welchem die Stimme herkommt, um ſo deutlicher, je näher der Redner uns ſteht, je weniger Zwiſchenobjecte die Schallwellen ablenken und je mehr der Ton der Stimme, die Bewegungen der Sprachwerkzeuge und ähnliche Nebenmomente unſer Urtheil unterſtützen. Fehlen ſolche begünſtigende Verhältniſſe, ſo werden wir, wie bei der Perception jedes Schalles, um ſo eher getäuſcht, je zahlreichere und zum Theil phantaſtiſche Vorſtellungen zu unſerer Verwirrung beitragen. Einen großen Theil dieſer Verhältniſſe benutzen die Bauchredner, um uns glauben zu machen, daß eine fremde Perſon an einem fernen Orte ſpreche oder ſich zwei Individuen in einiger Diſtanz mit einander unterhalten. Zu dieſem Zwecke verleihen ſie ihrer Stimme einen eigenen Timbre, reden eine halbe oder eine ganze Octave höher als gewöhnlich, verſchlucken Laute, die man in der Ferne nicht deutlich wahrzunehmen pflegt, und vermeiden diejenigen Buchſtaben, deren Erzeugung mit einer ſichtlichen Bewegung der Lippen verbunden iſt, oder bedecken die Unterlippe mittelſt der Oberlippe und behelfen ſich mit jener oder verhüllen ihr Geſicht mit einem Tuche, um deſto freier ſprechen zu können. Die phyſiologiſchen Verhältniſſe dieſer Kunſt ſind bis jetzt noch nicht hinreichend bekannt. Nur ſo viel iſt gewiß, daß der Bauchredner vor dem Sprechen möglichſt tief einathmet, ſein Kehlkopf herunterſteigt, ſeine Bauchdecken ſich ausdehnen und ſeine Ausathmung mehr durch die Muskeln des Unterleibes als die des Thorax erfolgt. Während die Lippen gänzlich oder großentheils geſchloſſen bleiben, ſtehen die Naſenlöcher offen, können jedoch auch bei Einzelnen ohne Schaden zugehalten werden (Autenrieth). Die Stimmritzenbänder werden ſtark geſpannt und nur allmälig mit kleinen Luftmaſſen in Schwingungen verſetzt.

Nach einigen Phyſiologen (Haller, Magendie, Mayer) [2] werden die Töne nicht bei der Ausathmung, ſondern während der Einathmung, wie bei manchen Arten des lauten Saugens, Pfeifens u. dgl. hervorgebracht. Nach Anderen (Richerand, Fournier, Joh. Müller) entſtehen ſie, wie auch wahrſcheinlicher iſt, durch ein langſames Ausathmen, welches ſich mit einer eigenthümlichen Reſonanz der erzeugten Laute verbindet. Hat man tief inſpirirt und treibt dann die hohen Töne bei enger Stimmritze und ſchwachem Anſpruch vorzüglich mit den Seitenwänden des Thorax heraus, während das Zwerchfell eine Stellung wie bei der Einathmung behauptet, ſo erzeugen ſich denen der Bauchredner ähnliche Laute, welche leicht

---

[1] Angaben hierüber finden ſich z. B. in V. A. Jaeger und G. A. Riecke: Anleitung zum Unterricht taubſtummer Kinder in der Sprache und anderen Schullehrgegenſtänden nebſt Vorlegeblättern, einer Bilderſammlung und einem Leſe- und Wörterbuch. Erſte Lieferung. Stuttgart, 1832. 8. S. 51 fgg.

[2] Litterariſches Archiv der Academie zu Bern. Bd. IV. Heft 3. Bern, 1817. 8. S. 68—83.

in Betreff der Entfernung täuſchen (Joh. Müller)[1]). Die Verſtärkung der Reſonanz und die eigenthümliche Modification des Timbre erfolgt bald durch die Kehle (Lauth), bald durch die möglichſt ſtark mit Luft gefüllten Lungen und den Thorax (Lauth, Hallé, Pinel und Percy). Daß aber die ganze Erſcheinung nur auf acceſſoriſchen Sinnestäuſchungen beruhe (Montègre), läßt ſich inſofern in Abrede ſtellen, als auch die Stimmweiſe ſelbſt von weſentlichem Einfluß iſt und das Bauchreden nur bei gewiſſen Modificationen derſelben möglich wird.

Sinnesempfindungen.

Die Sinne verſchaffen uns durch ihre objectiven Thätigkeiten eine Reihe von Eindrücken, welche nur unter der Vorausſetzung gewiſſer entſprechender Bedingungen der äußeren uns afficirenden Gegenſtände zu Stande kommen. Sie belehren daher über viele Eigenſchaften fremder Körper, die auf keinem anderen Wege zu unſerem Bewußtſein gelangen könnten. Unſer Organismus ſteht zwar auch mittelſt ſeiner übrigen Thätigkeiten mit den Objecten der Außenwelt in der mannichfachſten Beziehung. Denn die phyſikaliſchen und chemiſchen Verhältniſſe derſelben beſtimmen die Erſcheinungen ſeines Stoffwandels und ſeiner Bewegungen. Allein die Wechſelwirkung, in welche er mittelſt ſeiner Sinne mit ſeiner Umgebung tritt, iſt nicht bloß eine ſpecifiſche, ſondern ſetzt auch nicht nothwendig unmittelbare Veränderungen des Stoffwandels voraus. Sie beruht nur auf der mehr ätheriſchen Eigenſchaft der Empfindung, liefert auf dieſe Weiſe die Baſis der höheren nervöſen Thätigkeiten und bildet eben ſo ſehr die geiſtige Brücke, welche zu den verſchiedenen Dingen der Außenwelt überführt, als den Wächter, der von den ſchädlichen Wirkungen anderer Körper benachrichtigt und ſich vor denſelben zu hüten lehrt. Ohne Sinnesorgane könnten ſich entweder der Menſch oder das Thier von der Pflanze nicht unterſcheiden, oder jedes Individuum wäre ein in ſich geiſtig abgeſchloſſenes Weſen, ein unter den irdiſchen Schöpfungen verlorener Punkt, deſſen höhere Kräfte weder vor den übrigen Dingen ſpirituell angeregt und beſtimmt werden, noch nach außen entſprechend reagiren könnte. Unſere Sinnesempfindungen ſind daher die Strebepfeiler, auf welche wir die materiellen Thätigkeiten unſeres geiſtigen Lebens bauen und ſtützen. 974

Der Umfang und die Modalität der Eindrücke, welche wir uns auf dieſem Wege verſchaffen können, beſtimmt natürlich die geſammte Auffaſſungsweiſe. Mit dem Mangel eines Einzigen unſerer fünf Sinne würde nicht nur eine ganze Welt von Anſchauungen und Begriffen aus unſerer geiſtigen Thätigkeit hinwegfallen, ſondern auch die Function unſerer anderen Sinnesorgane mehr oder minder beſchränkt werden, weil die Empfindungen des Einen die des Anderen unterſtützen. Umgekehrt läßt ſich 975

[1]) Physiologie. Bd. II. S. 240.

wenigſtens hypothetiſch annehmen, daß die Exiſtenz eines ſechsten Sinnes Eindrücke liefern würde, von denen wir gegenwärtig gar keinen Begriff haben und für welche jeder Ausdruck in unſerer Sprache mangelt.

Was nämlich das letztere betrifft, ſo ſind zweierlei Grundvorſtellungen möglich. Entweder nehmen wir an, daß die Natur den Thätigkeitsumfang unſerer Sinne und unſeres Geiſtes dergeſtalt eingerichtet habe, daß wir nur von einem Theile der Eigenſchaften der Körperwelt benachrichtigt werden, während uns andere Qualitäten der äußeren Dinge als Gegenſtände einer Auffaſſung, für welche wir eben keine entſprechenden Organe haben, für immer entgehen oder höchſtens nur in ihren Wirkungen auf perceptibelere Erſcheinungen zu unſerer Kenntniß gelangen; die Unvollkommenheit unſerer Wahrnehmung würde ſich in dieſem Falle nicht bloß auf transcendente, ſondern auch auf ſinnliche Gegenſtände erſtrecken. Oder man denkt ſich, daß die mögliche Größe und Mannichfaltigkeit unſerer Sinneseindrücke den ſämmtlichen reellen Eigenſchaften der organiſchen und unorganiſchen Körper vollkommen adäquat gebildet und daher auch jede Aeußerungsweiſe der Materie von unſerer Subjectivität aufgefaßt zu werden und in unſere Begriffswelt überzugehen im Stande iſt. Mag auch dieſe letztere Hypotheſe unſerer Eitelkeit mehr ſchmeicheln und uns zu manchen anmaßenderen Selbſttäuſchungen verführen, ſo mahnen doch ſchon die vielen Räthſel, welche uns in Betreff der inneren Natur der Körper immer bleiben, an jene erſtere beſcheidenere Vorſtellung, für welche wir ſogar bald directe Erfahrungsgründe kennen lernen werden. Haben wir uns aber einmal zu ihr mit Verleugnung unſerer Subjectivität erhoben, ſo hat die Ueberzeugung, daß das Weltall höherer, von uns nicht im Entfernteſten geahneter Zwecke wegen exiſtire, keine Schwierigkeiten mehr.

976 Wie dem nun aber auch ſei, ſo unterliegt es keinem Zweifel, daß der Menſch weder in der Quantität, noch ſelbſt in der Qualität ſeiner Sinnesorgane vor den Thieren bevorzugt iſt. Die höheren Geſchöpfe beſitzen nicht nur alle fünf Sinne, deren wir uns erfreuen, ſondern manche derſelben erlangen bei Einzelnen von ihnen einen Grad von Schärfe, welcher dem gewöhnlichen Menſchen ohne beſondere Uebung nicht zukommt. Nur die geiſtige Auffaſſung greift hier eben ſo tief wie bei den Stimmwerkzeugen ein. Die letzteren werden bei uns zu den Trägern des Geſanges und der Rede, zu den Ausdrucksmitteln der geiſtigen Höhe oder Tiefe, ohne daß ein weſentlich neuer Theil zu ihnen hinzukommt. Der ſpirituelle Einfluß allein erhebt dieſe Apparate, welche ſonſt auf die untergeordnetſte Weiſe wirken würden, zu den Vertretern der edelſten Regungen, die augenblicklich den Menſchen durchzucken. Auf gleiche Art erhalten die Sinne in unſeren pſychiſchen Fähigkeiten einen Mutterboden, welcher ihre Empfindungen von den Anſchauungen zur künſtleriſchen Auffaſſung überführt. Die Vortheile, deren ſich in dieſer Hinſicht die Thiere und ſelbſt die Wilden erfreuen, beziehen ſich nur auf günſtigere phyſikaliſche Bedingungen. Durch Geiſt und Civiliſation dagegen wird jedes Sinnesorgan und vorzüglich das Auge oder das Ohr zu dem Erreger höherer Vorſtellungen, welche eben ſo ſehr das Gemüth hinzureißen als den Verſtand zu beſchäf-

tigen vermögen. Der Menſch wird wohl in der Mechanik, nicht aber in der Verarbeitung der Sinnesempfindungen von einzelnen thieriſchen Weſen übertroffen.

Keiner unſerer Sinne giebt uns eine abſolut objective Belehrung. Jeder 977
derſelben liefert vielmehr nur die ſubjectiven Empfindungen, welche gewiſſe äußere Reize in unſerem Inneren verurſachen. Was wir z. B. Licht nennen, iſt kein reeller Gegenſtand, ſondern bildet bloß den Ausdruck der Reaction unſerer Netzhaut und unſeres Gehirnes, welche durch die Wellenſchläge eines unbekannten Agens, des ſogenannten hypothetiſchen Aethers, veranlaßt werden. Wir ſind im Stande, gewiſſe Urſachen der Entſtehung, Fortpflanzung und Veränderung, die Geſchwindigkeit und Modalität der Bewegung dieſes Principes und ähnliche Momente durch Combinationen der einzelnen Erſcheinungen kennen zu lernen und der ſtrengſten mathematiſchen Berechnung zu unterwerfen; allein das Licht ſelbſt kehrt als ein unabweisliches ſubjectives Phänomen in allen ſolchen Bemühungen in Form einer unbekannten Größe wieder. Dieſe ſtört jedoch deshalb nicht und kann alle Beſtimmungen durchſetzen, weil ſie in keiner mangeln darf und daher zwar ein abſolutes, aber kein relatives x darſtellt. Ebenſo geben uns die akuſtiſchen Erſcheinungen nur den ſubjectiven Widerklang der Wellenbewegungen phyſikaliſcher Körper, die Geruchs- und Geſchmacksphänomene den der Ausbreitung dunſtförmiger oder tropfbar flüſſiger Subſtanzen und die des Taſtgefühles den der mechaniſchen und thermiſchen Verhältniſſe der uns zunächſt berührenden Außenwelt. Sie ſpiegelt ſich zwar in unſeren Sinnen ab. Inwiefern aber das Scheinbild der Wirklichkeit entſpricht, liegt außer den Grenzen unſeres Erkenntnißvermögens. Wir können nur annehmen, daß es bei den verſchiedenen Menſchen und Thieren inſofern das Gleiche ſei, als die Werkzeuge der Auffaſſung die analogen Theile darbieten, dieſelben phyſikaliſchen Principien benutzen und ſich in ähnlichen Thätigkeitsbahnen bewegen. Das abſolute Weſen bleibt uns hier nicht minder als in anderen Sphären verſchloſſen.

Die Baſis jeder Sinneserſcheinung bildet der ſpecifiſche ſenſuelle Nerve, 978
welcher die beſondere Fähigkeit hat, Eindrücke eigenthümlicher Art hervorzurufen oder, wie man ſich wiſſenſchaftlich ausdrückt, in ſeiner ſpeciellen Energie zu wirken. Wir haben ſchon früher (§. 578) im Allgemeinen bemerkt und werden es in der Nervenphyſiologie näher erhärten, daß jede Nervenfaſer, ſo lange ſie ihre natürliche Verbindung mit ihrem centralen Anfange und ihrem peripheriſchen Ende bewahrt, nur einer beſtimmten, unveränderlichen Thätigkeit dienen kann. Dieſem entſprechend finden ſich auch in unſerem Körper gewiſſe Faſern, die einzig und allein die eigenthümlichen Sinnesempfindungen vermitteln. Während aber ſolche, welche mit anderen Energieen verſehen ſind, die verſchiedenſten Stellen unſeres Organismus durchſetzen und an den mannichfachſten Punkten deſſelben endigen, bleiben die ſpecifiſchen Faſern der drei höheren Sinneswerkzeuge, des Auges, des Ohres und der Naſe, möglichſt concentrirt und gruppiren ſich daher zu Nervenſtämmen, welche die ausſchließlichen Repräſentanten der beſonderen Sinneswahrnehmung darſtellen. Der Sehnerve vermittelt auf

dieſe Weiſe nur das Geſicht, der Gehörnerve das Gehör und der Geruchsnerve den Geruch. Die Urſache der genannten Eigenthümlichkeit liegt darin, daß dieſe Nerven, wenn ſie objective Anſchauungen liefern ſollen, gewiſſe phyſikaliſche Vorbereitungsapparate nothwendig haben. Der Sehnerve bedarf in dieſer Beziehung der Camera obscura des Auges, der Gehörnerve des Leitungs-, Concentrations- und Reſonanzapparates des Ohres, und der Geruchsnerve der regulirten Windlade der Naſe. Wären dieſe ſpecifiſchen Nervenfaſern auf verſchiedene Theile zerſtreut worden, ſo hätten auch die nothwendigen Vorbereitungswerkzeuge eben ſo oft wiederholt werden müſſen, als discrete peripheriſche Endſtücke vorhanden geweſen wären. Die Verhältniſſe der einfachen und zuſammengeſetzten Augen vieler wirbelloſen Thiere liefern uns einen deutlichen Beleg dieſer Behauptung.

Bei dem Geſchmack werden die Vorbedingungen einfacher, und ſein Bezirk dehnt ſich daher auch über die Zunge auf einzelne Theile des Rachens aus. Indem ſie aber bei den Taſtempfindungen den möglichſten Grad der Simplicität erreichen, verſchwindet jener Charakter in den dieſem Sinnesorgane angehörenden Nerven faſt gänzlich. Jeder Gefühlsnerve kann daher, wenn keine hemmenden Nebenverhältniſſe eingreifen, in ſeiner ſpecifiſchen Sinnesenergie wirken. Die Miſchung und Zerſtreuung der Faſern erreicht hier ihr Maximum und die Sinnesthätigkeit wird keinem ſpeciellen Werkzeuge anheimgegeben, ſondern iſt wenigſtens der Möglichkeit nach im Stande, an jeder freien äußeren oder inneren Oberfläche hervorzutreten.

979 Da die Nervenfaſern ihre Reizung durch die Erſcheinung ihrer eigenthümlichen Energie ſubjectiv beantworten (§. 579), ſo muß natürlich jeder Druck, jede chemiſche Veränderung, jede Affection des vorbeiſtrömenden Blutes oder der durchtränkenden Ernährungsflüſſigkeit, welche die Eigenſchaft eines Irritamentes beſitzt, in dem N. opticus Geſichts-, in dem N. acusticus Gehörs-, in dem N. olfactorius Geruchsempfindungen u. ſ. w. veranlaſſen. Dieſe Erſcheinungen können natürlich, ohne daß äußere fremde Objecte die Veranlaſſung bilden, hervortreten. Man nennt daher auch die Sinnesempfindungen, welche ſolchen acceſſoriſchen Urſachen ihre Exiſtenz verdanken, ſubjective. Anderſeits wird der Sehnerve zum Sehen veranlaßt, wenn ſich z. B. ein äußerer Gegenſtand auf der Netzhaut abſpiegelt. Wir hören die Schallwellen, welche ſich von fremden Körpern auf unſer Ohr und von da auf unſeren Hörnerven fortpflanzen, und riechen die Subſtanzen, welche dunſtförmig durch den mittleren und oberen Theil unſerer Naſenhöhle ſtreichen. Dieſe Sinneswahrnehmungen heißen daher, weil ihre erſte Veranlaſſung von einem entſprechenden äußeren Gegenſtande ausgeht, objective.

980 Eine ſolche Auffaſſung des Unterſchiedes iſt jedoch ſtreng genommen unrichtig. Denn auch die ſubjectiven Sinnesphänomene entſtehen nicht von ſelbſt, ſondern werden durch eine objective Wirkung, wie Druck, Elektricität, chemiſche Reizung u. dgl. angeregt. Eben ſo iſt das objective Sehen eines beſtimmten Gegenſtandes ein rein ſubjectives. Ein zweiter Menſch iſt nur deshalb im Stande, daſſelbe Bild, wie wir, ſinnlich wahrzunehmen,

weil ſich Gegenſtand und Auge in den analogen Verhältniſſen wie bei uns befinden. Allein ein anderes Individuum hat eben ſo wenig, als es den Bliz, den wir bei einem Schlage auf unſeren Bulbus percipiren, wahrnimmt, die geringſte unmittelbare Vorſtellung unſeres Bildes des Hauſes, welches wir gleichzeitig mit ihm betrachten. Es erkennt die Fehler, welche wir begehen, nur durch den Vergleich der ſprachlichen oder zeichneriſchen Mittheilung, nur durch die Eindrücke, welche unſere Anſchauungsweiſe auf ſeinen Geiſt und ſein Auge macht. Es muß daher der Unterſchied der ſubjectiven und objectiven Sinnesempfindungen in etwas Anderem als der oben angeführten gewöhnlichen Charakteriſtik liegen. Eine nähere Betrachtung der Natur der Reize giebt uns bald die in dieſer Beziehung nöthigen Aufſchlüſſe.

Der Sehnerv reagirt zwar auf Druck, Elektricität und chemiſche 981
Verletzung eben ſo gut durch Sehen, als der Hörnerv unter den gleichen Verhältniſſen den Eindruck des Hörens hervorruft. Allein während der erſtere die Lichtwellen ſogleich empfindet, bleiben ſie für den letzteren indifferent. Umgekehrt beantwortet der N. acusticus Schwingungen phyſikaliſcher Körper, für welche die Netzhaut total unempfänglich iſt, durch die ſpecifiſche Energie des Gehörs. Die Taſtnerven zeigen uns den geringſten Temperaturunterſchied, welchen die anderen Sinnesnerven noch nicht berückſichtigen, an u. dgl. mehr. Wir ſehen hieraus, daß die Energie eines jeden Sinnesnerven durch zweierlei weſentlich verſchiedene Reize hervorgerufen zu werden vermag. Die einen von ihnen, welche wir allgemeine oder inadäquate nennen wollen, regen alle ſenſuellen Nerven an. Die Verſchiedenheit des Erfolges aber hängt nicht von ihnen, ſondern von der ſpecifiſchen Energie der afficirten Nervenfaſern ab. Derſelbe Druck, welcher, indem er unſere Netzhaut trifft, das ſubjective Feuerbild veranlaßt, ruft unſeren Schmerz hervor, weil er zugleich einzelne ſenſible Nerven unſeres Auges trifft. Congeſtionen des Blutes nach dem Hörnerven erregen Ohrenklingen, Geſchwülſte, welche den N. olfactorius drücken, ſubjective Gerüche u. dgl. mehr. Im Gegenſatze hierzu haben wir andere Reize, welche man mit dem Namen der ſpecifiſchen, ſpeciellen oder adäquaten bezeichnen kann, und die ihren Einfluß nur auf einen Sinnesnerven ausüben, auf jeden anderen hingegen verfehlen. Dieſe Rolle übernehmen das Licht für das Auge, die Schallwellen für das Ohr, die Dünſte für den Geruch, die tropfbaren Flüſſigkeiten für den Geſchmack und die Verhältniſſe des mechaniſchen Widerſtandes und der Temperaturunterſchiede für das Gefühl.

Die ſogenannten ſubjectiven Sinneserſcheinungen kommen durch allgemeine oder inadäquate, die objectiven dagegen durch adäquate Reize zu Stande. Zur Erzeugung der erſteren gehört nur die Integrität des Sinnesnerven oder ſeiner centralen Anfangstheile im Gehirn, zur Bildung der letzteren dagegen außerdem noch die regelrechte Thätigkeit der phyſikaliſchen Vorbereitungsapparate, mit welchen jedes Sinneswerkzeug verſehen iſt. Ein Blinder, deſſen Hornhaut total verdunkelt iſt und der keine Spur eines äußeren Gegenſtandes zu ſehen vermag, ergötzt ſich an den Feuerbildern, welche er durch den Druck

auf ſeinen Augapfel erregt und kann eben ſo vollſtändige Traumerſcheinungen als ein geſunder beſitzen. Einem Tauben, deſſen Gehörknöchelchen durch Eiterung verloren gegangen, vermag eine ſtarke Congeſtion nach dem Kopfe das unangenehmſte Ohrenſauſen zu verurſachen u. ſ. w.

982 Vergleichen wir aber die einzelnen objectiven Sinnesthätigkeiten unter einander, ſo ſtoßen wir zwar, ſobald wir die Entfernung der Wirkung berückſichtigen, auf keinen abſoluten, doch aber auf einen relativen Unterſchied. Durch das Auge empfangen wir die Lichtſtrahlen diſtanter Objecte. Das Gehör benachrichtigt uns von den Schallwellen, welche von abgelegenen Gegenſtänden ausgehen. Wenn auch die Lichtſtrahlen ſelbſt unſere Netzhaut berühren und ſich die Oscillationen des ſchallenden Körpers bis zu unſerem Vorhofe und unſerer Schnecke fortpflanzen, ſo bleiben doch die erregenden Urſachen des Eindruckes von dem empfangenden Nerven mehr oder minder entfernt. Anders verhält ſich dagegen die Sache bei dem Geruch, dem Geſchmack und dem Gefühl. Der N. olfactorius wird nur durch die materiellen Dünſte, welche ihn nahe berühren, zur Entwickelung ſeiner Energie angeregt. Das Schmecken ſetzt den unmittelbaren Contact der chemiſchen Löſungen, das Gefühl den der mechaniſchen Widerſtände voraus. Selbſt die Wärmeſtrahlen gelangen nur durch erwärmte Körper, welche unſere Nerven direct oder indirect afficiren, in das Bereich unſerer ſubjectiven Empfindung. Sehen und Hören bilden auf dieſe Weiſe gewiſſermaßen Diſtanz-, Riechen, Schmecken und Fühlen Contact-Sinne.

983 Dieſe Differenz beſtimmt auch die Natur der Vorbereitungsapparate. Die Nerven des Gefühls, des Geſchmacks und des Geruchs bedürfen nur einer zweckmäßigen Mutterſubſtanz, innerhalb welcher ſie die ſie direct berührenden Körper aufnehmen können. Sie liegen daher in Membranen, die bloß mit verſchiedenartigen Warzen, Falten und ähnlichen Bildungen verſehen und für Dünſte oder tropfbare Flüſſigkeiten durchdringbar ſind. Das Gehörorgan dagegen beſitzt ſein äußeres Ohr, ſeinen Gehörgang, das Trommelfell, die Paukenhöhle, die Gehörknöchelchen, die Euſtachiſche Trompete und andere feſte Theile, damit die Schallwellen, ſie mögen von welchen Seiten ſie wollen herkommen und ſich durch die Luft- oder die Kopfknochen fortpflanzen, in gehöriger Weiſe dem N. acusticus zugeführt werden. Eben ſo bedarf das Auge der Hornhaut, der wäſſerigen Feuchtigkeit, der Linſe und des Glaskörpers, damit die Lichtſtrahlen gehörig gebrochen und concentrirt werden. Hier vergrößert ſich ſogar noch der Vorbereitungsapparat dadurch, daß das Sinnesorgan die Fähigkeit erhält, ſich nach den entfernten ſichtbaren Objecten zu richten. Es erhält auf dieſe Weiſe die Iris und die Augenmuskeln, während andere Gebilde, wie die Thränenorgane, die Bindehaut und die Augenlider den paſſenden Schutz der ſo delikaten Geſichtswerkzeuge beſorgen.

984 Dieſe Vorbereitungswerkzeuge brauchen aber keinen bedeutenden Raum einzunehmen, weil ſich ihre Thätigkeit mehr auf eine quantitative als eine qualitative Wirkung bezieht und ihre Leiſtungen dem Maaße unſerer Auffaſſungsgabe entſprechen müſſen. Wäre z. B. das Auge doppelt ſo groß

als es iſt, angelegt worden, ſo hätten zwar noch einmal ſo viel Lichtſtrahlen unter ſonſt gleichen Verhältniſſen in daſſelbe eindringen können. Würde aber auch hierdurch eine größere Zahl von Bildern auf die Netzhaut gefallen ſein, ſo hätte der Ueberſchuß unbeachtet bleiben müſſen oder wäre nur, wenn dieſes nicht Statt fand, ein Verwirrungsmittel unſerer Anſchauung geworden. Denn die Retina nimmt, wie wir ſehen werden, in ihrer beſtehenden Ausdehnung trotz der beſchränkten Größe unſeres Bulbus mehr Lichtſtrahlen auf, als gleichzeitig mit gehöriger Beſtimmtheit aufgefaßt werden können. Wurde aber auf dieſe Weiſe eine Vergrößerung überflüſſig oder ſogar ſchädlich, ſo lieferte die doppelte ſymmetriſche Anlage der abſolut kleinen höheren Sinnesorgane den weſentlichen Vortheil, daß hierdurch ihre Functionen an Vielſeitigkeit gewannen. Um jedoch alle Störungen zu vermeiden, ſind die nervöſen Apparate ſo angelegt, daß dieſelben Eindrücke, welche beide Augen, beide Ohren u. ſ. w. treffen, wo es nothwendig war, eine einfache Perception hervorrufen und die Duplicität der Wahrnehmung zur bloßen deutlichen Auffaſſung derſelben dient.

Daß jede objective Sinnesempfindung einzig und allein innerhalb 985
gewiſſer äußerer Grenzen möglich ſei, lehrt ſowohl die unmittelbare tägliche Erfahrung, als die genauere wiſſenſchaftliche Unterſuchung. Schon die Schärfe der Sinne, welche bei verſchiedenen Individuen ſehr abweichende Grenzen hat, deutet zum Theil auf dieſen Punkt hin. Für einen Kurzſichtigen gehen ferne Bilder, welche ein Anderer noch deutlich wahrnimmt, verloren. Ein Menſch mit muſikaliſchem Gehör wird von unregelmäßigen Schallwellen, welche einem zweiten noch melodiſch klingen, unangenehm afficirt. Einzelne Individuen unterſcheiden noch Ausdünſtungsgerüche feinſter Art, andere dagegen nicht u. dgl. mehr. Das Gleiche ergiebt ſich mit noch größerer Evidenz aus genaueren wiſſenſchaftlichen Beſtimmungen. Wenn wir z. B. einen Lichtſtrahl durch eine Oeffnung, die ſich in einer dunkleren Kammer befindet, eindringen und durch ein Prisma durchgehen laſſen, ſo wird bekanntlich das einfache Licht in ein Spectrum von ſieben Hauptfarben, nämlich in Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett zerlegt. Der Undulationstheorie gemäß entſprechen dem äußerſten Roth 458 und dem an dem anderen Extrem liegenden Violett 727 Billionen Schwingungen des Lichtäthers in der Secunde [1]). Es iſt wiſſenſchaftlich nicht anzunehmen, daß die Grenzen der möglichen Vibrationen der Lichtwellen innerhalb der genannten Größen allein liegen. Ja die thermiſchen uud chemiſchen Wirkungen des Lichtes, welche über die Ausdehnung des Farbenſpectrums hinausgehen, zeugen entſchieden dagegen. Setzen wir aber dieſes voraus, ſo müſſen viele Veränderungen des Lichtes exiſtiren, von denen wir gar keine Kenntniß erhalten, weil eben unſer Auge nicht mehr für dieſe Eindrücke empfänglich iſt. Der tiefſte Ton, welchen

[1]) A. Kunzek die Lehre vom Lichte nach dem neueſten Zuſtande der Wiſſenſchaft, zunächſt für das Bedürfniß gebildeter Stände dargeſtellt. Lemberg, Stanislawow und Tarnow, 1836. 8. S. 290.

der Menſch noch zu hören vermag, macht 14 bis 16, der höchſte 48000 einfache Schwingungen in der Secunde (Savart) [1]). Während ſich alſo die Grenzen der Empfindlichkeit des Auges für Farben = 458 : 727 = 1 : 1,59 verhält, haben wir für das Ohr = 16 : 48000 = 1 : 3000. Da ſich nun die Schwingungsmengen, wie wir ſchon früher ſahen (§. 928), von Octave zu Octave verdoppeln, von dem Grundton bis zur Quinte dagegen von 1 bis 1,5 und von ihm bis zur Serte von 1 zu 1,66 erhöhen, ſo folgt hieraus, daß die relativen Grenzen der Farbenempfindung des Auges viel beſchränkter als die der Tonperception des Ohres ausfallen und nur der Steigerung der letzteren zur Quinte bis Serte entſprechen.

An der Zungenſpitze geben noch zwei Körper, welche 0,48 Linie von einander entfernt ſind, keinen einfachen Eindruck, während die gleiche Grenze des Taſtvermögens an der Haut der Mitte des Rückens bei 24,02 Linie beginnt. Es verhält ſich mithin das Maximum der Empfindlichkeit zu dem Minimum, wenn wir die verſchiedenen Stellen unſerer äußeren Körperoberflächen unter einander vergleichen, = 24,20 : 0,48 = 50,4 : 1. Alle doppelten Eindrücke, die jenſeits der Minimalgrenze liegen, bleiben unbeachtet und exiſtiren daher nicht für uns, ſofern ſie ſich durch keine andere Folgen ihres Daſeins in einer für uns perceptiblen Weiſe zu erkennen geben.

986 Zu dem gleichen Reſultate führt die Parallele verſchiedener ſcheinbar geſunder Perſonen. Wir werden in der Folge ſehen, daß viele Menſchen manche Farben nicht wahrnehmen und daher ihr Spectrum ganz eigenthümlich ausfällt. Solche Mängel kommen ſogar häufig gar nicht zum Bewußtſein, weil die Auffaſſungs- und Ausdrucksweiſe ſolcher Individuen mit ihren ſinnlichen Eindrücken verwächſt und ſie z. B. mit roth eine Färbung bezeichnen, die einem anderen Empfindlicheren in einem ganz verſchiedenen Colorit erſcheint. Einzelne Perſonen nehmen die falſcheſten Accorde für regelrechte, weil noch disharmoniſche Schwingungen für ihr Ohr eine vollkommene Harmonie bilden.

987 Dieſe und ähnliche Thatſachen aber laſſen kaum einen Zweifel übrig, daß wir nur einen Theil der Außenwelt durch unſere Sinne erfahren und ſicher viele Zuſtände und Eigenſchaften der Körperwelt exiſtiren, von welchen unſer Geiſt keine Ahnung hat und für die jeder Ausdruck in unſerer Sprache fehlt, weil unſeren Sinnen die Perceptibilität derſelben mangelt.

988 Die Erfahrungen und Vorſtellungen des gewöhnlichen Lebens führen leicht zu der Anſicht, daß nur die objectiven Sinnesempfindungen die wahren ſeien, die ſubjectiven dagegen als ſogenannte Sinnestäuſchungen aufgefaßt werden müſſen. Dieſe Vorausſetzung ſtützt ſich vorzüglich darauf, daß die Eindrücke der objectiven Sinnesthätigkeiten bei uns, wie bei jedem anderen geſunden Menſchen, unter denſelben äußeren Bedingungen durchaus die gleichen zu bleiben ſcheinen und uns auf dieſe Weiſe über gewiſſe Eigenſchaften der Körper eine beſtändige und übereinſtimmende Nachricht

[1]) Pouillet-Müller Lehrbuch der Phyſik. Bd. II. Braunſchweig, 1843. 8. S. 56.

geben. Die ſubjectiven Sinnesempfindungen dagegen ſind in der Regel auf ein einzelnes Individuum beſchränkt und werden nur ſelten, wie z. B. bei der Durchleitung eines elektriſchen Stromes von Mehreren zugleich wahrgenommen. Sie erhalten daher ſcheinbar einen variableren Charakter und gewinnen dann um ſo eher das Anſehen von Täuſchungen, welche in Folge zufälliger und wechſelnder Nebenbedingungen auftreten.

Alle Betrachtungen der Art ſchwinden aber größtentheils bei genauerer 989
Prüfung, denn die objectiven Sinneserſcheinungen ſind urſprünglich in Betreff der Sicherheit und Beſtändigkeit ihrer Perceptionen vor den ſubjectiven wenig oder gar nicht bevorzugt. Da die adäquaten Reize, durch welche jene veranlaßt werden, von äußeren conſtanten Gegenſtänden ausgehen, ſo müſſen auch ihre Wirkungen in den verſchiedenſten Individuen im Ganzen die gleichen bleiben. Die Flamme eines Lichtes liefert dieſelben Lichtſtrahlen für die differenteſten Augen und regt in ihnen dieſelben Bilder an. Allein ſchon die ſubjective Auffaſſung, welche zu dieſen Eindrücken gehört, unterliegt einem größeren Wechſel, als auf den erſten Blick zum Vorſchein kommt. Die Unterſchiede treten nur oft in dieſer Hinſicht vor der objectiven Gleichheit zurück und werden meiſt gar nicht oder bloß durch die genaueſten Parallelen erhärtet. Die ſubjectiven Sinneseindrücke erfreuen ſich aber ebenfalls des Vortheils, daß ſie bei beſtändigen Urſachen in eben ſo conſtanten Wirkungen erſcheinen. Die gleiche Abwechſelung von hellem Lichte und Schatten erzeugt unter denſelben Bedingungen die analogen Bilder der eigenen Blutgefäße des inneren Auges, die ähnlichen Lichtſchattenfiguren und andere Phantome bei den verſchiedenſten Individuen. Derſelbe elektriſche Schlag, der Druck eines einzelnen Nerven ruft die gleichen ſubjectiven Eindrücke bei Jedem hervor. Wenn allerdings dieſe letztere Art von Wahrnehmungen mannichfaltiger zu ſein ſcheint, ſo liegt wenigſtens ein häufiger Grund darin, daß die inadäquaten Reize, welche als veranlaſſende Urſachen wirken, jenen Grad von Gleichheit, den die adäquaten von ſelbſt darbieten, nicht erreichen. Die Schärfe des Geſetzes dagegen, die genaue Cauſalitätsverbindung kehrt in jeder Art von Empfindung immer wieder.

Nichts deſtoweniger aber haben die objectiven Sinneswahrnehmungen 990
aus denſelben Gründen einen gewiſſen Vortheil an Mannichfaltigkeit, welcher den ſubjectiven nicht zukommt. Die Feuerbilder z. B., welche durch Druck auf die Netzhaut entſtehen, ſind einfarbiger als die meiſten Bilder, welche wir durch die Anſchauungen der Außenwelt erhalten. Das Ohrenklingen bringt es faſt nie zu einer vollkommenen angenehmen Harmonie. Den Taſtnerven fehlen diejenigen ſubjectiven Empfindungen, welche nur der leiſe Druck äußerer Gegenſtände veranlaßt, gänzlich u. dgl. mehr. Die Urſache dieſer Verſchiedenheit liegt wiederum in den anregenden Reizen, welche natürlicher Weiſe bei den adäquaten mannichfacher modificirt und in denſelben Zeiträumen raſcher gewechſelt werden können. Nur eine Fähigkeit unſeres Geiſtes, die Phantaſie nämlich, iſt im Stande, dieſe Variation bis zu einem gewiſſen Grade zu erſetzen, weil ihre Wirkungen reine oder willkürlich abgeänderte Wiederholungen früherer ſinnlicher Ein-

drücke darſtellen. Während daher die Folgen des örtlichen Druckes auf die Sinnesnerven, die Effecte der elektriſchen Reize, der Blutcongeſtionen ihren einſeitigen Charakter nie ablegen, liefern uns die Traumerſcheinungen nicht minder vollkommene Anſchauungen als das objective Sehen. Ebenſo können wir uns auch im Wachen mit Hilfe phantaſtiſcher Vorſtellungen vollkommen farbige und perſpectiviſche Darſtellungen, fortlaufende Melodieen u. dgl. vorführen, ohne daß ſie die Grenzen unſerer reinen Subjectivität irgendwie verlaſſen.

991 Die eigene Auffaſſung bildet bei allen Sinneseindrücken ein weſentliches Moment. Denn jeder von ihnen wird noch auf dieſe Weiſe in beſonderer Art verarbeitet. Wenn ſich auch z. B. ein objectives Bild auf der Netzhaut mit der genaueſten Wiedergabe von Licht und Schatten und der einzelnen Farben abſpiegelt, ſo wird doch der Eindruck nicht bloß zum Gehirn geleitet und dort einfach wiedergegeben, ſondern je nach Verſchiedenheit der Nebenverhältniſſe mannnichfach abgeändert. Wie wir in der Folge ſehen werden, beruhen die durchgreifenden Beſtimmungen der relativen Größe der Entfernungen und der Perſpective auf geiſtigen Ergänzungen, welche zu der unmittelbaren Sinneswahrnehmung hinzukommen und dieſe erhöhen und vervollſtändigen. Unzweifelhaft lernt unſere Seele hierbei allmälig durch den Vergleich mit anderen Sinneseindrücken, wie ſie zu verfahren habe. Denn das zarte Kind und der Blindgeborene, welcher ſein Geſicht wieder erhält, haben von Supplementen der Art gar keine oder nur unvollſtändige Begriffe. Dieſe hängen daher auch nicht allein von der Schärfe des Sinnesorganes, ſondern von der Fähigkeit, Erziehung und Richtung des Geiſtes ab. Ja die letzteren Bedingungen ſind bisweilen, wie wir in der Folge finden werden, nothwendiger als die erſteren. So ſehr aber auch die Erfahrung, die Erinnerung vergangener Studien zur Richtſchnur nachfolgender Beurtheilungen wird, ſo ſcheint doch auch wenigſtens in mancher Beziehung eine gewiſſe präſtabilirte Harmonie zwiſchen den objectiven Erforderniſſen und den ſubjectiven Geſetzen der Empfindung vorhanden zu ſein. Unſer Auge z. B., deſſen Hauptzweck das objective Sehen, die Wahrnehmung entfernter Objecte bildet, hat die primitive Neigung, alle Bilder ohne Unterſchied nach außen zu verſetzen. Drücken wir die Netzhaut, ſo ſcheint uns der feurige Eindruck nicht im Bulbus, ſondern außerhalb deſſelben zu liegen. An der Haut dagegen iſt dieſe Beziehung eine andere. Die Affection des Taſtens iſt immer eine unmittelbare. Der Gegenſtand, deſſen Widerſtand, Größe oder Temperatur auf dieſem Wege beurtheilt werden ſoll, muß unſere Körperoberfläche ſelbſt berühren. Dieſem entſprechend empfinden wir dann auch das Prickeln, welches das Einſchlafen eines Gliedes bezeichnet, an den peripheriſchen Grenzen deſſelben und nicht entfernt von ihm oder außerhalb unſeres Körpers.

992 So wahr aber auch dieſes harmoniſche Verhältniß bleibt, ſo greift es doch nicht allgemein durch. Schon die ſubjectiven Feuerbilder der Netzhaut erlangen nie eine ſo bedeutende Entfernung von unſerem Auge, als ſie irgend diſtante Gegenſtände bei dem objectiven Sehen darbieten. Selbſt

das Stechen bei dem Einſchlafen der Glieder wird eher dicht unter der äußeren Haut als auf der Oberfläche derſelben wahrgenommen. Wir hören das Ohrenſauſen häufiger in als außerhalb unſeres Ohres u. dgl. mehr. Die Natur ſcheint überhaupt nur durch jene immanente Verſetzung den erſten Schritt einzuleiten, die richtigere Beziehung der objectiven Eindrücke dagegen der allmälig reifenden Erfahrung zu überlaſſen. 993

Dieſe nothwendige Uebung und Erziehung ſtützt ſich vorzüglich darauf, daß ſich die Sinne in vieler Hinſicht wechſelſeitig controliren und ſelbſt durch andere Thätigkeiten des Körpers in ihren Auffaſſungen ergänzen können. Den wichtigſten Hebel für die Beurtheilung der Entfernungen bildet einerſeits das Taſtgefühl und anderſeits die nothwendige Bewegungsgröße, um von einem Punkte zu dem anderen zu gelangen. Die Wahrnehmung des Ortes, von welchem ein Schall oder ein Geruch herkommt, baſirt ſich zu einem großen Theile darauf, daß wir uns nach einer beſtimmten Seite wenden müſſen, um den tönenden oder riechenden Körper möglichſt ſcharf aufzufaſſen. Wie wir ſpäter ſehen werden, hört auch in dieſer Beziehung alle Sicherheit auf, ſo wie keine genaue Controle der Art möglich iſt oder nicht der Analogie nach übertragen zu werden vermag. Wo Zwiſchengegenſtände fehlen, täuſchen wir uns jeden Augenblick in Betreff der Entfernungen in dem bedeutendſten Maaße. Das Urtheil über die Richtung, woher ein Ton komme, fällt ſehr oft fehlerhaft aus, weil der ſchwingende Körper unſerm Blicke meiſtentheils entgeht.

Dieſe wechſelſeitige Beziehung der einzelnen Sinnesempfindungen 994
macht es möglich, daß die Anſchauungen der einen die der anderen bis zu einem gewiſſen Grade ergänzen oder ſogar erſetzen können. Der Blinde vermag, wenn er im Hören ſehr geübt iſt, aus dem Schalle ſeiner eigenen Tritte die Form des Zimmers, in welchem er ſich befindet, ungefähr zu beſtimmen. Er bildet ſich ſeine Vorſtellungen über die Schönheit oder Häßlichkeit eines Menſchen nach dem Klange der Stimme deſſelben. Sein Taſtgefühl kann dergeſtalt verfeinert ſein, daß er das Korn der Farbe und innerhalb gewiſſer Grenzen die letztere ſelbſt beſtimmt. Starke Tabacksſchnupfer haben nicht ſelten keinen Geruch mehr und beurtheilen die Beſchaffenheit des Tabacks nach dem Reizgefühl, welches die ſenſiblen Nerven ihrer Naſenſchleimhaut empfinden. Während aber ſolche gegenſeitige Ergänzungen leicht denkbar ſind und oft eine Klippe für manche Täuſchungen abgeben, widerſpricht es allen bisher bekannten phyſiologiſchen Geſetzen, daß ſich eine Nervenfaſer ihrer beſtimmten Function entkleiden und eine ganz andere Energie übernehmen, daß z. B. die von dem fünften Nervenpaare ſtammenden ſchmerzempfindenden Zweige der Naſe die Gerüche ſelbſt als ſpecifiſche Wahrnehmungen ſtatt des N. olfactorius vermitteln ſollten. Die von Magnetiſeurs gemachten Angaben, daß ihre Kranken im magnetiſchen Schlafe bei feſt verbundenen Augen mittelſt der Herzgrube leſen, verhöhnt gewiſſermaßen alle phyſiologiſchen Erfahrungen, inſofern zu dem objectiven Sehen kein bloßes Vicariiren verſchiedener Nerven, ſondern ein nothwendiger zuſammengeſetzter phyſikaliſcher Vorbereitungsapparat gehört.

995 Obgleich jedes Sinnesorgan ein für ſich abgeſchloſſenes ziemlich unabhängiges Ganze zu ſein ſcheint, ſo bedarf es doch zur Vollſtändigkeit ſeiner Functionen nicht bloß der Beihilfe der übrigen Sinneswerkzeuge (§. 993), ſondern auch noch der anderer Syſteme des Körpers. Seine Ernährung fordert natürlich die Integrität der Blutzufuhr und zum Theil des Nerveneinfluſſes. Das Gehirn und die höheren geiſtigen Fähigkeiten erzeugen und verarbeiten die ſpecifiſchen Empfindungen, wie wir zum Theil ſchon geſehen und in der Nervenphyſiologie ausführlicher erläutern werden. Vorzugsweiſe aber werden die Bewegungsorgane auf weſentliche Weiſe in Anſpruch genommen. Sie dienen beſonders einem dreifachen Zwecke.

1) Damit ſich die Vorbereitungsapparate den verſchiedenen äußeren Verhältniſſen accommodiren können, erhalten einzelne Theile derſelben die Fähigkeit, ſich zuſammenzuziehen oder werden mit beſonderen Muskeln verſehen. Getrennte Stücke werden mittelſt ihrer paſſend eingeſtellt, ſo daß ſich der Wirkungskreis des Apparates auf dieſe Art erhöht. Hierher gehören z. B. die Regenbogenhaut des Auges, der Musculus Mallei internus und der Musculus stapedius des Ohres u. dgl.

2) Da die Sinneswerkzeuge nur an beſtimmten Punkten und in einſeitigen Richtungen in unſerem Körper angebracht ſind, ſo würde der Umfang ihrer Effecte bedeutend kleiner ausfallen, wenn nicht dieſem Uebelſtande durch entſprechende Correctionen abgeholfen wäre. Dieſen Dienſt leiſten Muskeln, welche entweder nur zu einem ſolchen Zwecke hergeſtellt worden oder die nebenbei noch andere Beſtimmungen erfüllen. Die Augenmuskeln richten daher z. B. das Auge, die freilich bei dem Menſchen nur rudimentär vorhandenen Muskeln des äußeren Ohres das letztere nach verſchiedenen Seiten. Bemühen wir uns, genau oder mit beſonderer Intenſität zu riechen, ſo ziehen wir die Naſenflügel in die Höhe und ſuchen die Naſenlöcher zu erweitern, damit ein ſtärkerer Luftſtrom und mit ihm eine größere Menge riechender Dünſte eingezogen werden könne. Dadurch, daß die Zunge ſowohl, als die ſchmeckenden Theile des Rachens einen hohen Grad von Beweglichkeit beſitzen, wird die Garantie erreicht, daß nur ausnahmsweiſe einzelne Theilchen hinuntergeſchluckt werden können, ohne der Prüfung des Geſchmacksſinnes anheimzufallen. Dem Taſtorgane endlich dienen die benachbarten Bewegungswerkzeuge, um den gehörigen Gegendruck gegen die zu fühlenden Gegenſtände auszuüben, über deren Rauhigkeit oder Glätte ein Urtheil zu fällen und ihre Form und Größe zu beſtimmen. Endlich

3) bilden dieſe Muskelbewegungen nicht ſelten den Regulator der geiſtigen Auffaſſung einzelner Sinnesempfindungen. Die verſchiedenen Raumvorſtellungen, insbeſondere alle Ideen über Entfernung und ähnliche Verhältniſſe werden vorzugsweiſe durch die Vergleichung der möglichen unmittelbaren Sinneswahrnehmung mit den nothwendigen vorbereitenden Muskelthätigkeiten gewonnen. Der Inſtinkt und die Erfahrung, welche die letzteren reguliren, prägen ſich in unſerem Geiſte dergeſtalt ein, daß wir dann die auf dieſem Wege empfangenen Kenntniſſe, auch ohne das Maaß des Raumes durch unſere Muskeln zu wiederholen, auf die unmit-

telbaren Sinnesempfindungen übertragen und daher die Entfernungen ſogleich ſchätzen, ſowie ſich überhaupt nur die Eindrücke gebildet haben. Man hat deshalb auch jene fundamentale bewußtloſe und doch das Bewußtſein anregende Thätigkeit der Muskeln mit dem Namen der Bewegungsideen bezeichnet (Steinbuch) [1]) und aus ihnen die Leiſtungen der Räumlichkeitsſinne, nämlich des Gefühls, des Geſichts und zum Theil des Gehörs bald einſeitiger, bald in beſchränkterem Maaße und richtiger zu erläutern geſucht [2]).

Indem aber die Natur die Sinne zu den Verbindungsmitteln des geiſtigen Princips und der Außenwelt machte, knüpfte ſie an dieſes Band viele unſerer Begierden. Das Gefühl ſchützt nicht nur unſeren Organismus vor äußeren Gefahren und beſtimmt unſere Bewegungen in vielfacher Hinſicht, ſondern ſteigert ſich auch unter gewiſſen Modificationen zur Wolluſt, welche bald nur einen augenblicklichen Genuß, wie das Kratzen, das Kitzeln veranlaßt, bald dagegen die höhere Beſtimmung der Erhaltung der Gattung verfolgt. Während der Geruch bei vielen Thieren die zu dem letzteren Zwecke nothwendige Auswahl leitet, übernimmt vorzugsweiſe das Geſicht und ſeltener das Gehör dieſelbe Rolle bei uns, die wir für die mehr ideellen Beziehungen der Form oder der Melodie mittelſt unſerer erhabneren geiſtigen Anlagen empfänglicher werden und uns auf dieſe Art weſentlich ſelbſt von den höchſten Säugethieren unterſcheiden. Der Geſchmack erlangt zwar keinen ſo bedeutenden Einfluß auf höhere Thätigkeitsäußerungen als die genannten Sinne. Nichts deſto weniger bildet er jedoch den Wegweiſer für unſere Nahrungsmittel, während er und der Geruch alle Abgänge entfernt hält, damit ſie nicht unnütz von Neuem eingenommen werden und größtentheils oder gänzlich zwecklos den Organismus durchwandern. 996

So klar aber auch ſolche teleologiſchen Beſtimmungen der Sinnesthätigkeiten ſind, ſo wenig dürfen wir dieſe Beziehungen derſelben übertreiben. Ueberall verbindet zwar die Natur mit ihren Einrichtungen die höchſte Zweckmäßigkeit, welche die Regularität der Functionen und durch ſie das Beſtehen der Gattung ſichert. Allein das Verhältniß geht nicht ſo weit, daß die Exiſtenz des Individuums für alle Fälle hierdurch garantirt würde. Dieſes Axiom kehrt auch bei den Sinnen wieder. Viele Gifte zeichnen ſich durch keinen beſonderen Geſchmack aus. Andere rufen dieſelben Eindrücke, wie die unſchädlichſten oder ſelbſt die nahrhafteſten Subſtanzen hervor. Kein Sinnesorgan überhaupt iſt gegen die Nachtheile der Ueberſpannung oder direct ſchädlicher Einflüſſe abſolut geſichert. Erfahrung und Wille müſſen hier die nothwendigen Mängel der großartigen Anordnung, bei welcher das Individuum nur als Theil des Ganzen, ſonſt aber keine Bedeutung hat, ergänzen. 997

Außer dieſen niederen Beziehungen bilden endlich die Sinneseindrücke die Träger der geiſtigen Wirkſamkeit und werden durch ihre ſublimere Auf- 998

[1]) J. G. Steinbuch Beitrag zur Physiologie der Sinne. Nürnberg, 1811. 8. S. 30.
[2]) Steinbuch a. a. O. Vergl. auch C. Th. Tourtual die Sinne des Menſchen in den wechſelſeitigen Beziehungen ihres pſychiſchen und organiſchen Lebens. Münſter, 1827. 8. S. 198 fgg.

faſſung zu Gegenſtänden der Kunſt. Jeder von ihnen kann zwar durch Raffinement zu einer ſolchen höheren Stufe emporgehoben werden. Allein die Contactſinne des Taſtens, des Geſchmacks und des Geruchs dienen ſelbſt dann nur materiellen Gelüſten, welche ſogar der edlere geiſtige Menſch eher vermeidet als aufſucht. Die Diſtanzempfindungen des Auges und des Ohres dagegen eignen ſich durch ihre urſprüngliche ideellere Natur, den Menſchen zu den höheren ächten Kunſtgenüſſen überzuführen und mittelſt ihrer Leiſtungen die reinſten, der niederen Sinnlichkeit am meiſten entrückten Gefühle anzuregen, ohne nothwendiger Weiſe einen bedeutenderen Grad von Erziehung oder Bildung für eine ſchwierige Gedankenabſtraction vorauszuſetzen. Sie beſitzen daher in ihren Effecten eine größere Popularität als die tiefſten Studien des menſchlichen Geiſtes, welche nur wenigen gleich Empfänglichen und gleich Geſinnten zugänglich bleiben. Daß auch ſie zu niederen Zwecken gemißbraucht und herabgewürdigt werden können, verſteht ſich von ſelbſt.

Sehen.

999 Schutz- und Richtungsorgane des Auges. — Die zarte Oberfläche des Auges, welches überdies, wenn ſeine Functionen regelrecht von Statten gehen ſollen, in einem ſeiner freien Theile, der Hornhaut, vollkommen hell und durchſichtig bleiben muß, erhält eine Reihe von Schutzapparaten, die ſogar nebenbei auf den optiſchen Proceß des Sehens einen nicht unbedeutenden Einfluß erlangen können. Die Augenlider nämlich verſchließen unſer Geſichtsorgan gleich zwei beweglichen Deckeln, welche in verſchiedenem Grade von einander entfernt und gefaltet zu werden vermögen, ſo daß ſchon auf dieſe Weiſe eine ſehr verſchiedenartige Beſchattung unſerer Sehwerkzeuge möglich wird [1]. Obgleich ſie nicht ſo dicht und undurchſichtig ſind, daß ſie gar keine Lichtſtrahlen hindurchlaſſen, wiewohl wir daher bei noch ſo feſtem Verſchluſſe derſelben einen röthlichen Schimmer im Sonnenlichte wahrnehmen, ſo reichen ſie doch in den gewöhnlichen Fällen hin, um die objectiven Bilder auf ein beſchränktes Maaß zurückzuweiſen, zu verdeutlichen und uns auf dieſe Art vor den unwillkürlich ſich aufdrängenden zu reichlichen Eindrücken zum Theil zu bewahren. Da aber nur diejenigen Lichtbündel, welche durch die Pupille hindurchtreten, für das objective Sehen von Bedeutung ſind, alle anderen dagegen, welche auf die harte Haut, die Hornhaut oder durch dieſe letztere auf die Iris gelangen, nutzlos verloren gehen, ſo fällt auch die Augenlidſpalte, wenn ſie möglichſt verkleinert wird, in die dem Sehloche gegenüberliegende Region. Ihren Schluß beſorgt der Orbicularis oculi; die Erhebung des oberen Augenlides dagegen der Levator palpebrae superioris. Während die Thätigkeitsweiſen dieſer Muskeln ſchon in der Be-

[1]) Ueber die mannichfachen Einflüſſe der Augenlider auf das Sehen ſ. Tourtual in Müller's Archiv. 1838. S. 316—350 und 1840. S. XXXVIII—XLI.

wegungslehre behandelt worden (§. 779 und 823), gehörten ihre nervöſen Verhältniſſe, die zugleich die meiſten Abweichungen und Krankheiten derſelben veranlaſſen, in die Nervenphyſiologie.

Daß die Bewegungen der Augenlider nicht bloß zum Abhalten des Staubes oder ähnlicher Schädlichkeiten, ſo wie zur Fortbewegung der Thränenflüſſigkeit (§. 474), ſondern auch zu optiſchen Zwecken dienen, lehren uns am deutlichſten die Kurz- und Fernſichtigen, indem ſie jene bei angeſtrengtem Sehen in die Weite möglichſt zuſammenkneifen, dieſe dagegen mehr oder minder ſtark zurückziehen. Ebenſo bedienen wir uns ſogleich des erſteren Mittels als Correction gegen ein zu ſtarkes blendendes Licht, das uns allſeitig umgiebt, wenn wir z. B. plötzlich aus einem dunkelen in einen hellen Raum treten, oder in die Sonne, oder nach einer von dieſer beſchienenen und das Licht ſtark zurückwerfenden Wand ſehen. Wenn aber die tiefe, nach hinten gehende Lage des Auges die Beſchattung von oben von vorn herein begünſtigt, ſo wird ſie bei heftigem Zuſammenkneifen der Augendeckel noch dadurch vergrößert, daß dann vorzüglich der äußere Theil der Haut, welcher ſich zwiſchen dem oberen Augenlide und der Augenbrauen befindet, wulſtig hervortritt und ſich in Art eines zweiten Deckels über die entſprechenden Parthieen der oberen Reihe der Cilien hinüberlegt.

Die Augenwimpern bilden einen ergänzenden Schutzapparat der 1000 Augenlidſpalte. Obgleich nämlich die Augenlidränder ziemlich genau an einander paſſen, ſo könnten doch leicht kleine fremde Molecule, wenn nicht die Augendeckel krampfhaft an einander gepreßt werden, auf die Conjunctiva gelangen. Indem ſich aber zunächſt die obere Cilienreihe an die untere anlegt, wird eine Gefahr der Art möglichſt verhütet. Die Einrichtung, daß die Wimpern ſchwach concav ſind und dabei die oberen ihre Convexität nach unten, die unteren dagegen die ihrige nach oben wenden, hat einen doppelten Nutzen. Einerſeits können ſie dann ſchon zum Schutze des Auges theilweiſe beitragen, wenn ſelbſt die Augenlidſpalte nicht ſo ſehr verkleinert wird, daß keine objectiven Bilder mehr zur Netzhaut gelangen. Anderſeits aber wurde hierdurch die Störung corrigirt, welche ſie ſonſt bei dem Sehen durch ihre nothwendige etwas geneigte Stellung und ihre Länge verurſachen müßten. Beiderlei Thätigkeiten ſind aber nur, wie man leicht ſieht, von untergeordneter Bedeutung. Wir finden daher auch, daß die Cilien bei ſehr vielen Menſchen minder regelrecht gebaut und geſtellt ſind, ohne daß ſehr weſentliche Nachtheile daraus hervorgehen. Nur ihr gänzlicher Mangel in größeren Strecken oder ihre Neigung nach innen, durch welche ſie die ſo empfindliche Bindehaut mittelſt ihres mechaniſchen Widerſtandes fortwährend reizen, giebt zu erheblichen Krankheitszuſtänden Veranlaſſung.

Die Meibomiſchen Drüſen können in mancher Hinſicht als eine 1001 bedeutendere Entwicklung der Fettdrüſen, welche jedes Hauthaar begleiten, angeſehen werden. Jedoch iſt der Zweck ihrer Größe und ihres eigenthümlichen Verlaufes noch nicht ganz klar. Es ließe ſich allerdings denken, daß die Natur die Augenlidränder ſtark oder vielmehr zu jeder Zeit ſicher einölte, damit nicht die Thränen in den gewöhnlichen Zuſtänden zur Augenlidſpalte herausträten. Daß jedoch nicht dieſe Abſicht die Haupturſache der Anweſenheit und bedeutenden Ausbildung der Meibomiſchen Drüſen ſein könne, lehren die dichtere Beſchaffenheit ihres Fettes, die verhältnißmäßig nicht bedeutende Uebertünchung der Augenlidränder und das

Abfließen der Thränen durch die Augenlidſpalte bei heftigerem Weinen. Ebenſo können ſie zwar, indem ſie ſich zwiſchen dem Augenlidknorpel und der Bindehaut der Augenlider erſtrecken, als weiche ſtets mit Fett gefüllte Schläuche zur Milderung des Druckes beitragen. Allein dieſer Zweck war durch eine einfache Fettablagerung leichter zu erzielen. Da ſie nun hinter den ihnen entſprechenden Wimpern münden, ſo wird vielleicht ihr Secret mit den Flüſſigkeiten des Conjunctivalſackes vermiſcht, hierbei chemiſch umgeändert und zu anderen Thätigkeiten, wie z. B. zur Verhütung der Reibung geſchickt gemacht. Einen gleichen Nutzen könnte das Abſonderungsprodukt der Caruncula lacrymalis gewähren. Für dieſe Hypotheſe ſpricht der Umſtand, daß wir bisweilen einzelnen zerſtreuten Oeltropfen bei der mikroſkopiſchen Unterſuchung der von der Bindehaut abgeſtrichenen Flüſſigkeit begegnen.

1002 Die Thränen und das Secret der Bindehaut, deren mechaniſche und chemiſche Verhältniſſe ſchon früher, ſo weit ſie bekannt ſind, dargeſtellt worden (§. 474 — 76), ſchützen zunächſt das Auge vor der nachtheiligen Einwirkung der Verdunſtung. Die Natur unterhält hier einen kleinen Stromapparat, welcher in der Thränendrüſe ſeine urſprüngliche Quelle und dem Thränenröhrchen, dem Thränenſacke und dem Thränengange ſeine Ableitungswerkzeuge hat, ſo daß die gehörige Befeuchtung eben ſo ſehr geſichert, als jedes Ueberfluthen verhütet iſt. Die Bindehaut unterſtützt dann dieſe nothwendigen Sicherheitsmaßregeln durch die Thätigkeit ihrer Blutgefäße und die hieraus reſultirende Abſonderung.

Zu gleicher Zeit aber ſind alle hier in Betracht kommenden Verhältniſſe den optiſchen Bedingungen genau angepaßt. Die Conjunctiva scleroticae, welche ohne Nachtheil ſo wenig durchſichtig als möglich ſein kann, beſitzt auch zahlreiche Blutgefäßſtämme, von denen ſogar ein Theil dem unbewaffneten Auge unmittelbar auffällt. Die Bindehaut der Cornea dagegen reducirt ſich faſt gänzlich auf einen feinen durchſcheinenden Epithelialüberzug. Ihre nach dem Mittelpunkte ſtrahlig zuſammentretenden Gefäßſtämmchen ſind ſo zart, daß ſie dem freien Auge gänzlich entgehen und ſelbſt durch Injectionen nur mit Mühe dargeſtellt werden können. Indem die Thränen aus einer vorherrſchenden Menge von Waſſer, das nur etwas Schleim oder andere organiſche Stoffe und vorzüglich Kochſalz enthält, beſtehen, nähern ſie ſich in dieſer Einfachheit ihrer Zuſammenſetzung der wäſſerigen Feuchtigkeit des Auges. Da nun der Brechungsexponent von dieſer, wie wir in der Folge ſehen werden, von dem der Hornhaut nicht bedeutend abweicht, ſo kann wahrſcheinlich [1]) die letztere mit einer Schicht von Thränen überzogen ſein, ohne daß hierdurch die Dioptrik des Auges weſentliche Veränderungen erleidet. Wie nothwendig aber dieſe anhaltende Befeuchtung der Cornea mit einer entſprechenden Flüſſigkeit ſei, lehren die ſpäter zu erwähnenden nachtheiligen Folgen der Trübung des Epithelium deſſelben nach dem Tode und ſeine Verhornung, welche bisweilen im Leben eintritt,

[1]) Dieſer Schluß iſt deshalb vorläufig noch zu limitiren, weil die Brechkraft der verſchiedenen Körper nicht immer mit der Dichtigkeit derſelben in einem genau nachweisbaren Verhältniſſe ſteht.

und auf deren Verhältniſſe wir in der Nervenphyſiologie zurückkommen werden.

Die nahe liegende Frage, wie viel von den Thränen, wie ſie ſich uns unmittelbar darbieten, durch die Thränendrüſe und wie viel durch die Bindehaut geliefert werde, iſt bis jetzt noch nicht definitiv gelöſt worden. Exſtirpirte man bei Kaninchen oder Schaafen die Thränendrüſe, die Harderſche Drüſe und diejenigen Theile der Augendeckel, welche die Meibomiſchen Drüſen enthalten, ſo dauerte die Befeuchtung der Conjunctiva mit einer Flüſſigkeit, welche Kochſalz enthielt, fort. Entfernte man dagegen bei einem Kaninchen die Augenlider nebſt der Bindehaut derſelben und der Conjunctiva scleroticae, während die Thränendrüſe ſelbſt unverſehrt blieb, ſo fehlte jene normale Befeuchtung, die Ueberreſte der Augendeckel heilten mit dem Augapfel zuſammen, und die Hornhaut wurde, ſofern ſie frei blieb, getrübt (Martini)[1]). Der letztere Verſuch kann nicht als definitiver Beweis, daß nur die Conjunctiva die Thränen erzeuge, angeführt werden, weil die Operation ſelbſt die zarten Ausführungsgänge der Thränendrüſe verletzte, die nachfolgende Entzündung, wenn ſie auch nicht das Auge ſelbſt ergriff, doch ſicher die getroffenen Thränenwerkzeuge nicht unberührt ließ und die ſpäteren Ausſchwitzungsproducte kein genaues Urtheil über die Abſonderung erlaubten. Die Reſultate der zuerſt genannten Experimente dagegen erklären ſich leicht aus der jedenfalls fortdauernden Thätigkeit der Bindehaut. Sichere Schlüſſe ließen ſich erſt dann entnehmen, wenn die Thränen vor und nach der Exſtirpation der Thränendrüſe auf das Genaueſte chemiſch unterſucht würden. Daß die Conjunctiva viel Flüſſigkeit liefern könne, verſteht ſich von ſelbſt.

Der Mangel an genügenden chemiſchen Unterſuchungen der Thränen hindert auch noch, ein genügendes Urtheil über andere den Nutzen derſelben betreffende Vorſtellungen zu fällen. Wir haben ſchon früher (§. 468) geſehen, daß Schleim und Hornſtoff in manchen Beziehungen an einander erinnern, daß in dem Schleime ſelbſt nicht ſelten freie Kerne von Epithelialzellen vorkommen und die letzteren an ſolchen Oberflächen, welche keine Schleimſecretion darbieten, ſtärker verhornen. Fehlt die Schleimabſonderung an der Bindehaut, ſo ſchreiten die Epithelialzellen derſelben in ihrem Verhornungsproceſſe weiter fort und werden daher undurchſichtiger. Die Secretion der Thränen würde daher indirect eine ſonſt nothwendig eintretende Trübung der Hornhaut verhüten und daher auf mittelbare Weiſe den optiſchen Verhältniſſen des Auges nützlich werden. Martini[2]) ſtützt ſich bei einer ähnlichen Vorſtellung auf die alkaliſche Beſchaffenheit der Thränen. Wie nämlich hierdurch Hornſilberniederſchläge, welche wir durch Aetzung der Conjunctiva mit Höllenſtein erzeugen, raſch durch chemiſche Solution entfernt werden, ſo löſen auch die Thränen, welche nur in dieſer Beziehung gleich anderen Schleimhautſecreten wirkten, die älteren verhornten Epithelialſchichten auf. Dieſe neu hinzutretenden Subſtanzen erzeugten das Schleimige der Flüſſigkeit und bewirkten die Niederſchläge und Trübungen, welche ſich bei Thränen, die an der Luft ſtehen, erzeugen.

So wie die Abſonderung der Bindehaut krankhaft verändert wird, wirkt ſie ſehr leicht, wie ſchon früher (§. 477) angeführt wurde, auf die gegen chemiſche Einwirkungen ſo empfindliche Hornhaut ein. Aus dieſem Grunde ſind durchſchnittlich ihre pathologiſchen Zuſtände für das Auge gefährlicher, als die der Thränendrüſe.

Da die Hornhaut, welche in unſerem Auge die Rolle eines Objectivs 1003
vertritt, keinen ſehr großen Abſchnitt einer Kugelfläche oder eines Ellipſoides umfaßt und überdies noch durch das hinter ihr befindliche Diaphragma der Regenbogenhaut in hohem Grade eingeſchränkt wird, ſo kann der Raum, deſſen Gegenſtände ſich auf der Netzhaut abſpiegeln, keine ſehr große Ausdehnung haben und verhältnißmäßig nur einen kleinen

[1]) F. Martini Von dem Einflusse der Secretions-Flüssigkeiten auf den menschlichen Körper im Allgemeinen und insbesondere von dem Einflusse der Thränen auf das menschliche Auge. Ein Beitrag zur Kenntniss der animalischen Gifte. Thl. II. Constanz, 1843. 8. S. 26.

[2]) a. a. O. S. 32.

Theil des vor uns liegenden optiſchen Horizontes aufnehmen. Der Bulbus muß daher, wenn wir alle in dieſer Hinſicht möglichen Anſchauungen auffaſſen ſollen, nach verſchiedenen Seiten hin gerichtet werden können. Dieſe Bedingung wäre zwar durch die Bewegungen des Kopfes für beide Augen zugleich, nicht aber für jedes einzelne unabhängig von dem andern zu erfüllen geweſen. Aus dieſem Grunde gab uns die Natur beſondere Werkzeuge, mittelſt welcher wir den äußeren Gegenſtänden ohne Verrückung des Kopfes bis zu einem gewiſſen Grade zu folgen im Stande ſind. Wollen wir z. B. ein feſtes Fernrohr nach den fernen Objecten, die ſich in verſchiedenen Stellungen befinden, richten, ſo muß es ſowohl in horizontaler als in verticaler Richtung gedreht werden können. Da ſich dann die ſchiefe Bewegung nach den Geſetzen des Parallelogrammes der Kräfte von ſelbſt ergiebt, ſo iſt auch hierdurch jede Wendung der Art innerhalb einer halben Kugelfläche möglich gemacht. Ein ähnliches Verhältniß kehrt an unſerem Auge nur mit dem Unterſchiede, daß die Bewegungsgröße etwas beſchränkter iſt, wieder. Die *Augenmuskeln* richten den Bulbus dergeſtalt, daß wir unſer Sehloch auf ſehr große faſt 120° erreichende Bogenabſchnitte ohne Veränderung der Lage des Kopfes einzuſtellen vermögen.

1004 Jeder der vier Recti zieht, wenn er allein wirkt, den Augapfel einſeitig nach ſeiner Seite hin, der obere mithin nach oben, der untere nach unten, der innere nach innen und der äußere nach außen. Die beiden erſteren bedingen daher die ſenkrechte, die zwei letzteren die horizontale Bewegung. Der Rectus superior ſteht mit dem inferior und ebenſo der Rectus internus mit dem externus in einem antagoniſtiſchen Verhältniſſe. Soll daher der eine ſeine urſprüngliche Wirkung zu Stande bringen, ſo muß ſein Gegenfüßler, wie dieſes ſchon §. 808 erläutert worden, in entſprechendem Maaße nachgeben. Durch gegenſeitige Combinationen je zweier benachbarter Recti entſtehen Diagonalwirkungen, deren Geſetze wir §. 800 kennen gelernt haben.

Die Natur war, wie man leicht ſieht, bei der Herſtellung dieſer Richtungsmuskeln des Augapfels durch die Form der Orbita in gewiſſer Beziehung gebunden. Das Einfachſte wäre geweſen, den Rectus superior z. B. von der oberen Fläche des Augapfels gerade nach der gegenüberliegenden Stelle des Daches der Augenhöhle zu leiten und in ähnlicher Weiſe rückſichtlich der anderen geraden Augenmuskeln zu verfahren. Da die Zahl der Faſern allein die Kraft der Muskeln beſtimmt (§. 803), ſo hätte auch unter dieſen Verhältniſſen die Energie derſelben die gleiche bleiben können. Die Verkürzungsgröße wäre aber dann zu gering ausgefallen. Die Augenmuskeln entſpringen deshalb aus dem Grunde der Orbita, werden längs der größten Ausdehnung derſelben hingeleitet und heften ſich endlich erſt an die Sklerotika oder den äußeren ſehnigten Ring derſelben (*Erdl*). Indem ihnen das zwiſchenliegende Fett in ähnlicher Weiſe, wie dieſes von dem Levator palpebrae superioris angeführt worden (§. 779), als Leitungsrolle und überhaupt als ſpecieller Modificator der Wirkungsweiſe dient, drehen ſie urſprünglich den Augapfel und führen ihn dann ſecundär nach der Seite ihrer Wirkung hin. Die Anheftungen des Bulbus, die Maſſe des benachbarten Fettes, der Widerſtand des Sehnerven und überhaupt die vollkommene Ausfüllung der Orbita mit Subſtanzen, welche nur bedingt nachgeben, ſchränken die Bewegungen, ſofern es nicht ſchon durch den Zuſammenziehungsgrad der Muskeln ſelbſt geſchieht, dergeſtalt ein, daß die Peripherie der Hornhaut ſelbſt in dem Maximum dieſer Ortsveränderungen den Orbitalrand nie voll-

ſtändig erreicht und die Möglichkeit der Abſpiegelung der äußeren Bilder in keinem Falle durch die Thätigkeit der Muskeln aufgehoben wird.

Obgleich ſich zwar die vier Recti ungefähr unter rechten Winkeln an einen ſenkrechten idealen Kreis des Augapfels anfügen, ſo heften ſie ſich doch nicht in gleicher Entfernung von dem äußerſten Umfange der Hornhaut an. Durchſchnittlich reicht die Inſertion des Rectus internus und zum Theil des externus weiter, als des Rectus superior und inferior. Die Achſe, welche die Endpunkte der Sehnen der beiden letzteren Muskeln verbindet, ſteht meiſt etwas ſchief nach hinten und oben [1]. Da nun überdies der innere Augenmuskel dem Rectus inferior näher liegt als dem superior, ſo wird ſchon hierdurch die Wendung des Auges nach innen oder nach innen und unten begünſtigt. Sie muß wenigſtens bei derſelben Bewegungsgröße mehr in die Augen fallen.

Der Theorie nach ließe ſich annehmen, daß die geraden Augenmuskeln 1005
noch andere Wirkungen bedingen könnten. Zögen ſich z. B. der obere und der untere oder der innere und der äußere Rectus gleichzeitig zuſammen, ſo würde der Bulbus möglicher Weiſe keine veränderte Seitenrichtung annehmen, dafür aber nach dem Grunde der Augenhöhle zurückgezogen werden. Dieſe Bewegung kommt jedoch nie an dem lebenden Auge in irgend bedeutendem Maaße zum Vorſchein. Beobachtet man ſelbſt die Hornhaut bei genau feſtgeſtelltem Kopfe in dem Seitenprofile unter der Lupe, ſo gelingt es nicht, ein irgend erhebliches Zurückweichen derſelben bei willkürlichen Anſtrengungen des Individuums oder bei abwechſelndem Nahe- und Fernſehen wahrzunehmen. Ob dieſer Effect durch die Thätigkeit der Obliqui contrebalancirt wird, werden wir bei dieſen näher prüfen.

Noch weniger begründet iſt die von einigen Schriftſtellern vertheidigte 1006
Hypotheſe, daß die vier Recti, indem ſie ſich ſtark zuſammenziehen, den Augapfel ſeitlich zuſammendrücken, auf dieſe Weiſe indirect von vorn nach hinten verlängern und ſo die gegenſeitigen Entfernungen der dichteren brechenden Medien verändern. Ein Verſuch der Art gelingt zwar leicht am todten Auge, deſſen Theile ſchon den erſten Anfang von Maceration darbieten und nicht mehr von ihren Nachbargebilden prall umſchloſſen werden, nicht aber im Leben, wo Alles eng an einander gefügt und daher einen größeren Widerſtand zu leiſten im Stande iſt.

Die Verhältniſſe der ſchiefen Augenmuskeln laſſen noch vieles Dunkle 1007
übrig. Schon das Studium ihrer bloßen Wirkungsweiſe ſtößt auf erhebliche Schwierigkeiten. Da nämlich die Augen menſchlicher Leichen, wenn ſie zur anatomiſchen Unterſuchung kommen, mehr oder minder zuſammengefallen und nachgiebig ſind, ſo erhält man, wenn man alle Augenmuskeln überhaupt in der Richtung ihrer Faſern anzieht, geringere Bewegungsexcurſionen, als im Leben ſelbſt beobachtet werden. Dieſer Nachtheil wird aber bei den Obliquis, wo er ſogar in höherem Maaße hervortritt, fühlbarer als bei den Rectis. An Säugethieren dagegen angeſtellte Verſuche geſtatteten nur ſehr bedingte Reſultate, weil hier noch ein eigener Muskel, der Retractor bulbi, welcher den Augapfel nach hinten zurückzieht, vorhanden iſt und durch deſſen Thätigkeit neue Effecte, die wir nicht genau berechnen können, entſtehen. Ueberdies treten oft die Antagoniſten bei

---

[1]) N. G. Melchior De Myotomia oculi. Hauniae, 1841. 8. p. 35.

lebenden Geſchöpfen nicht ſogleich in Wirkſamkeit, ſowie der Grundmuskel durchſchnitten worden.

1008 Nimmt man das Auge mit den Lidern, der vollſtändigen Conjunctiva und den ſämmtlichen übrigen in der Orbita befindlichen Theilen heraus, entfernt Alles bis auf den unverletzten Bindehautſack, die Thränendrüſe, die Augenmuskeln und den Sehnerven, ſo erhält man ein Präparat, aus dem ſich unmittelbar ergiebt, daß die Ebene, in welcher die beiden Obliqui wirken, weder mit der durch das Centrum der Hornhaut und des Sehnerven ſenkrecht gelegten Fläche, noch mit der Sehare zuſammenfällt, ſondern beide unter ziemlich bedeutenden Winkeln ſchneidet. Die Ausläufer der Sehne des Obliquus superior, welche neben dem Rectus superior zwiſchen dieſem und dem Rectus internus dahingehen, liegen zwar dem zwiſchen dem Rectus inferior und dem Rectus externus durchtretenden Muskelende des Obliquus inferior gegenüber. Allein beiderlei Theile ſind in der Regel gegenſeitig etwas verſchoben, ſo daß wenigſtens ihre Faſern nicht fortlaufend, wenn man ſie ſich verlängert denkt, auf einander ſtoßen. Ihre Entfernung beträgt, wie es ſcheint, etwas weniger als einen Quadranten des Durchſchnittskreiſes der entſprechenden Stelle des Augapfels. Wir können daher ſchon aus dieſen Grundverhältniſſen ſchließen, daß die Obliqui an und für ſich den Bulbus nicht bloß um ſeine horizontale Achſe nach oben oder nach unten, innen oder außen zu drehen, ſondern auch nach vorn und nach hinten zu wälzen im Stande ſind.

1009 Wollen wir nun die Functionen der Obliqui genauer angeben, ſo dürfen wir uns nicht darauf beſchränken, von der Drehung des Bulbus oder der Pupille in wagerechter oder perpendiculärer Richtung wie bei den Rectis zu ſprechen. Indem dieſe Ausdrucksweiſe die ſchiefe Wirkungsebene jener Muskeln ganz vernachläſſigt, führt ſie leicht zu Undeutlichkeiten und veranlaßte unzweifelhaft eine Reihe von Mißverſtändniſſen, welche bei der Discuſſion über dieſen Gegenſtand Statt gefunden haben.

Sägt man ſich an einem menſchlichen Kopfe die unverſehrte Orbita mit ihren Nachbartheilen heraus, entfernt die innere Parthie des Daches der Augenhöhle, legt den Mitteltheil der Muskelmaſſe des Obliquus superior bloß und führt durch die Mitte der Hornhaut eine Stecknadel, welche man in dem Grunde des Auges feſtſticht, ein, ſo dreht ſich der obere und innere Quadrant der ſichtbaren Parthie des Bulbus, ſowie man den oberen ſchiefen Augenmuskel anzieht, nach unten und innen und drängt ſich beſonders nach vorn vor. Gelingt das Experiment gut, ſo wird ſelbſt das obere Augenlid, wenn es herabhängt, deutlich aufgewulſtet. Der untere und innere Quadrant des Augapfels begiebt ſich nach innen, unten und hinten. Der Kopf der Stecknadel ſieht dabei meiſtentheils, indem ſie als Inder die ſchwache Bewegung der Pupille vergrößert, nach unten und etwas nach vorn und außen. Die äußere Hälfte der Sclerotica begiebt ſich natürlich bei dieſer Ortveränderung nach hinten und zum Theil nach oben. Je nachdem man alſo ſie oder die innere Hälfte ins Auge faßt, muß die Beurtheilung der Bewegung des ganzen Bulbus gerade entgegen=

geſetzt ausfallen. Die Hornhaut im Ganzen rollt zugleich von hinten und oben nach vorn und dann nach unten.

Meißelt man nun den vorderen Theil der Baſis der Orbita an demſelben Präparate vorſichtig hinweg, ſo daß zwar die Mittelparthie des Obliquus inferior mit Leichtigkeit bloßgelegt werden kann, ſein Urſprung dagegen unverſehrt bleibt, und zieht den Muskel in der Richtung ſeines Faſerverlaufes an, ſo geht der untere und innere Quadrant der ſichtlichen Abtheilung des Augapfels nach oben und innen fort. Die Bewegung nach vorn, welche hier ebenfalls Statt findet, fällt im Allgemeinen weniger als bei dem Obliquus superior in die Augen. Zugleich tritt das obere Viertelſegment des Bulbus nach oben und etwas nach hinten zurück. Die Hornhaut wendet ſich entſprechend nach oben und außen und begiebt ſich mehr unter die äußere Hälfte des oberen Augenlides. Fixirt man daher das innere Segment des Bulbus, ſo kann man ſagen, daß der Obliquus inferior das Auge nach oben und innen wende, während die Bewegung zu einer ſolchen nach oben und außen wird, ſowie man ſich an die Hauptrichtung der Hornhaut hält. Keinerlei dieſer Bezeichnungen beſtimmt aber die weſentliche Wirkungsart jener Muskeln auf befriedigende Weiſe.

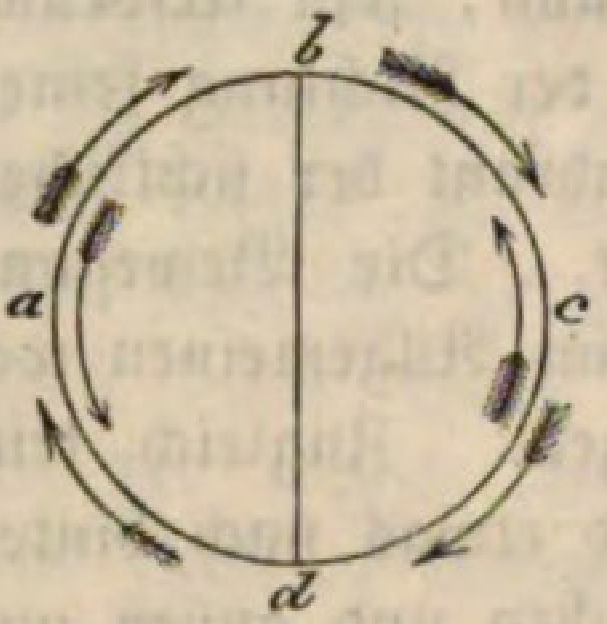
Zieht man endlich beide Obliqui zugleich an, ſo geht die innere ſenkrechte Hälfte des ſichtlichen Augapfels, vorzüglich in ihrer Mitte, nach vorn und zum Theil ſchief von innen und vorn nach außen und hinten, während der äußere Abſchnitt die entgegengeſetzte Bewegung vornimmt. Dieſer Erfolg entſpricht, wie man ſieht, gänzlich den eben erwähnten Detailwirkungen derſelben.

Schon hieraus läßt ſich entnehmen, daß die Obliqui nur bedingte ge- 1010
genſeitige Antagoniſten ſind. Denn ihre Thätigkeiten widerſtreben einander bloß in dem Balancement des Augapfels von oben nach unten und umgekehrt. Dagegen beſitzen ſie beide die Neigung, das innere vordere Segment des ſichtbaren Bulbus in ſeiner oberen oder unteren Hälfte nach vorn zu wälzen. In dieſer Beziehung aber arbeiten ihnen der Rectus internus und der Rectus superior oder inferior, nicht aber der Rectus externus, ſofern ſie den Augapfel nach dem Grunde der Orbita zu leiten ſich bemühen, entgegen.

Wir vermiſſen jedoch bei den verſchiedenen natürlichen Bewegungen des geſunden Bulbus ein ſolches Hervorrollen der inneren Hälfte des ſichtbaren Augapfels, wie es ſich häufig bei dem Anziehen der Obliqui in der Leiche darſtellt. Nur wenn mehrere gerade Augenmuskeln zugleich bei einem Menſchen durchſchnitten worden, wulſtet ſich bisweilen der Augapfel auf ſichtliche Weiſe hervor. Dieſes führt zunächſt zu der Vermuthung, daß die genannten geraden Muskeln allerdings die Wirkung der ſchiefen modificiren. Falten wir ein Stück des Rectus internus oder des Rectus superior eines oben beſchriebenen Präparates zuſammen, umſchnüren es mit einem Faden und ahmen auf dieſe Art einen geringen Verkürzungsgrad der genannten Muskeln nach, ſo tritt oft der innere ſichtbare Abſchnitt des Augapfels bei dem Anziehen des Obliquus inferior gar nicht,

bei dem des Obliquus superior in weit geringerem Maaße nach vorn hervor. Es erzeugt ſich vielmehr durch dieſe ſchwache Hemmung eine Wirkung, welche wiederum den mechaniſchen Verhältniſſen vollkommen entſpricht.

Fig. 95.



Stellen wir uns nämlich vor, bad ſei die innere und bcd die äußere Hälfte der Hornhaut, ſo dreht ſich dieſe durch den oberen ſchiefen Augenmuskel in der Richtung des inneren, durch den unteren dagegen in der der äußeren Pfeile. Unter dieſen Verhältniſſen läßt ſich daher behaupten, daß der erſtere Muskel die Hornhaut nach unten und zum Theil nach außen, der letztere nach oben zu richten vermöge. Das Auge erhält durch die abwechſelnde Thätigkeit der beiden Obliqui eine beſchränkte Raddrehung. Da nun die ſenkrechte Ebene, welche durch die Mitte der Anſatzflächen der beiden ſchiefen Muskeln geht, ſchief von vorn und innen nach außen und hinten verläuft und die auf ihr perpendiculär ſtehende mittlere Drehungsfläche die Netzhaut dicht nach innen von der Eintrittsſtelle des Sehnerven trifft, ſo kann ſich die nach außen von ihm liegende Centralfalte der Netzhaut in einer verhältnißmäßig bedeutenden Excurſion bei der Rotation betheiligen. Das Auge erhält auf dieſe Art einen beſchränkten Drehapparat, welcher der charakteriſtiſchſten Stelle der Netzhaut einen weiten Spielraum geſtattet und unabhängig von jeder Veränderung der ſeitlichen Richtung bis zu einem gewiſſen Grade zu wirken vermag.

Hält man aber dieſe freilich noch hypothetiſche Vorſtellung feſt, ſo knüpft ſich unmittelbar an ſie eine zweite Anſicht über den Nutzen, die Nothwendigkeit und die Anordnung der Obliqui. Neigen wir z. B. den Kopf nach der einen Seite, während das Auge nach keiner Richtung ſichtlich verſchoben wird, ſo muß das Bild deutlich geſehener Gegenſtände, welches, wie wir in der Folge finden werden, die Gegend der Centralfalte der Netzhaut trifft, ſchief geſtellt oder auf einen anderen Ort der Netzhaut geſchoben oder in beiderlei Weiſe verändert werden. Jeder Umſtand der Art würde natürlich die Geſichtsauffaſſung verändern. Dieſer Fehler wird aber, indem ein Obliquus ſeine entſprechende Radbewegung anregt, verhütet. Das relative frühere Verhältniß kann unmerklich und ohne weſentliche Verrückung des Auges wieder hergeſtellt werden. Die ſchiefen Augenmuskeln bildeten hiernach Correctionsapparate, um die Verrückungen, welche der Kopf oder ſelbſt der Körper im Ganzen vornimmt, für das objective Sehen möglichſt unfühlbar zu machen.

Daß ſich übrigens ſtärkere Zuſammenziehungen eines der Obliqui mit einem Rectus zu complicirten Wirkungen verbinden können, iſt wenigſtens theoretiſch nicht zu bezweifeln. Wenn z. B. die gemeinſchaftliche Thätigkeit des Rectus inferior und internus die Pupille nach unten und innen gewendet hat, ſo nähert ſich hierdurch die Anheftungsſtelle des obern ſchiefen Augenmuskels der Trochlea. Der Obliquus superior kann ſich daher in entſprechendem Maaße verkürzen und vermag deshalb unter den gegebenen Verhältniſſen eine Verſtärkung der genannten Pupillenbewegung zu

bedingen. Nach Ruete [1]) würden ferner die Obliqui superiores den verticalen Parallelismus der Trennungslinien oder der ſenkrechten Meridiane des Auges bei der gemeinſchaftlichen Thätigkeit der Recti inferiores und interni erhalten, während die Obliqui inferiores bei der Contraction der Recti interni und superiores dieſelbe Function übernähmen. Wird die Sehachſe des linken Auges nach unten und links geſtellt, ſo ſind dabei zunächſt nach Ruete die Recti externus und inferior und der Obliquus superior thätig. Es muß aber dann der Obliquus inferior durch eine kräftige Zuſammenziehung entgegenarbeiten, damit die verticale Stellung der Trennungslinien geſichert werde. Am rechten Auge ſind dann gleichzeitig Rectus internus und inferior in Wirkſamkeit, während der Obliquus superior die Regulirung der Trennungslinie übernimmt. Bei dem Sehen nach oben kehrt ſich die Rolle der Obliqui gegenſeitig um. Jedenfalls bilden die Letzteren Regulatoren des richtigen und einfachen Sehens.

Klarer ſind ſchon die Urſachen der anatomiſchen Verſchiedenheit des 1011
Obliquus superior und inferior. Der erſtere konnte nicht rein muskulös angelegt werden, weil ſonſt ſein Verkürzungsquantum zu klein ausgefallen wäre. Denn ſein Anſatz mußte weit nach vorn und dem des Obliquus inferior ſchief gegenüberliegen. Aus dieſem Grunde führt die Natur den Muskel längs der oberen und inneren Seite der Orbita hin und ſchafft für ſeine Sehne den ſo eigenthümlichen Rollapparat der Trochlea, deſſen Verhältniſſe ſchon §. 779 dargeſtellt worden. Bei dem Obliquus inferior erreichte ſie den gleichen Zweck durch einfachere Mittel, indem ſie den Muskel an dem inneren und unteren Winkel der Augenhöhle entſpringen ließ, um die Unterſeite des Bulbus herumſchlang und dann an der Grenze der äußeren und oberen Fläche deſſelben auslaufen ließ. Dieſes Verhältniß machte die eigenthümliche Einrichtung des Obliquus superior unerläßlich.

Was die Anſätze der Obliqui betrifft, ſo durchſchneidet die ſenkrechte Ebene, welche durch die Mitte der Anfügungen der beiden Muskeln geht, diejenige, welche das Centrum der Hornhaut und des Sehnerven perpendiculär durchſetzt, unter ungefähr 30° — 40°. Bei dem Bulbus eines erwachſenen Mannes betrug die Entfernung beider Anfügungen der Sehnen der Obliqui 15, der Durchmeſſer des entſprechenden Kreiſes dagegen 22 Millimeter. Dieſes correſpondirt einem Winkel von 85° 58′ [2]). Bei einer zweiten Beſtimmung kam ich auf 73° 54′. Wir hatten alſo im Durchſchnitt circa 80°.

Ausführliche Verzeichniſſe der ſehr abweichenden und häufig entgegengeſetzten Anſichten über die Thätigkeiten der Obliqui finden ſich in N. G. Melchior de myotomia oculi. Hauniae, 1841. 8. p. 41. 42. und Repertorium, Bd. VII. S. 406 – 11. Forſcher, welche wie Bell und Radcliffe Hall, Durchſchneidungsverſuche an Affen anzuſtellen Gelegenheit hatten, gelangten zur Ueberzeugung, daß der Obliquus inferior, was die ſeitliche Richtung betrifft, den Bulbus nach oben und innen wende. Schwankendere Re-

1) C. G. T. Ruete klinische Beiträge zur Pathologie und Physiologie der Augen und Ohren. Nach der numerischen Methode bearbeitet. Erstes Jahresheft. Braunschweig, 1843. 8. S. 297. 98.

2) Da die Sehne a als die Baſis eines gleichſchenkeligen Dreieckes von den Seiten des Radius $= \frac{d}{2}$ angeſehen werden kann, ſo haben wir für die Beſtimmung des a gegenüber liegenden Winkels y $\log. \sin. \frac{1}{2} y = 10 + \log. \frac{a}{2} - \log. \frac{d}{2}$.

ſultate gaben ähnliche Verſuche, welche von Duffin und Melchior an anderen Säugethieren vorgenommen wurden, für die Thätigkeiten beider Obliqui zugleich. Die an ſchielenden Menſchen gemachten Operationen haben bis jetzt noch keine ſicheren Anhaltpunkte zur Entſcheidung dieſer Streitfrage geliefert. Manche Arten von Schielen nach innen ſollen nach Durchſchneidung des Rectus internus verblieben ſein, nach der der Sehne des Obliquus superior dagegen aufgehört haben (Dieffenbach[1]), Philipps)[2]). Vielleicht, daß hier das obere und innere Segment des Bulbus beſonders hervortrat. Anderſeits wird als Erfahrung angeführt, daß in einem Falle der Augapfel nach der Trennung des Rectus externus mit großer Kraft nach innen und vorn ſprang und mindeſtens um 1 Linie ſtärker hervorragte. Später kehrte dieſer Fehler nur bei heftigen Anſtrengungen, die Pupille mittelſt der Obliqui etwas nach außen zu wenden, hervor (Ruete)[3]).

Die rotatoriſchen Wirkungen der ſchiefen Augenmuskeln und ihr Einfluß auf die Verhältniſſe der Stellung und Auffaſſung der Netzhautbilder wurden vorzüglich von Hueck[4]), Burow[5]) hervorgehoben und von Krauſe[6]) mit Bezug auf die Centralfalte der Netzhaut erläutert. Beobachtet man ein Gefäßchen der Bindehaut oder einen Fleck der Iris an ſeinem eigenen im Spiegelbilde geſehenen Auge oder an dem eines anderen Menſchen, während ſich der Kopf nach der Schulter neigt, der Bulbus dagegen möglichſt fix gehalten wird, ſo gewahrt man allerdings im Anfange eine gewiſſe beſchränkte und entſprechende Kreisdrehung des Augapfels ohne ſeitliche Verrückung deſſelben. Allein dieſe wird bald wenigſtens bei den meiſten Menſchen vorherrſchend, ſei es, daß Mangel an Uebung oder an kreisförmiger Bewegungsaccomodation oder die unwillkührliche Fixation eines anderen Punktes die veranlaſſende Urſache bildet.

1012 Die Bewegungen der Augenmuskeln beſtehen in keinem einfachen ſeitlichen Zuge, ſondern in einer Drehung oder einem Balancement des Bulbus längs gewiſſer Achſen, welche durch die Anſatz- oder Angriffspunkte der Muskeln bedingt werden. Da nun dieſe in jedem Falle die gleichen bleiben, ſo muß es für je zwei Stellen, an welche ſich zwei entgegengeſetzt wirkende Muskeln, wie z. B. der Rectus externus und internus anfügen, eine Bewegungsaxe geben, in welcher ein conſtanter Punkt gar keine fortſchreitende Ortsveränderung hat, ſondern unter allen Verhältniſſen unverrückt bleibt. Die übrigen Theile der Achſe drehen ſich um ihn wie Radien um ein Centrum. Man nannte daher dieſen letzteren den Drehpunkt. Indirecte Beſtimmungen an Lebenden ergaben, daß er für die horizontalen Verſchiebungen des Bulbus ungefähr 12,4, für die ſenkrechte dagegen 11,5 Millimeter hinter dem vorderſten Punkte der Mitte der Hornhaut liegt (Volkmann[7]), Burow[8]) und ich). Ständen die vier geraden Augenmuskeln genau um 90° aus einander, ſo daß ſich die Bewegungsachſen des Rectus superior und inferior, ſowie die des Rectus externus und internus,

---

1) J. F. Dieffenbach über das Schielen und die Heilung desselben durch die Operation. Berlin, 1842. 8. S. 20. 21.

2) Philipps Die Durchschneidung der Sehnen, übersetzt von Kessler. Leipzig, 1842. 8. S. 138.

3) C. G. T. Ruete Neue Untersuchungen und Erfahrungen über das Schielen und seine Heilung. Ein Beitrag zur Physiologie des Gesichtssinnes. Göttingen, 1841. 8. S. 14. 15.

4) A. Hueck die Achsendrehung des Auges. Dorpat, 1838. 4.

5) A. Burow Beiträge zur Physiologie und Physik des menschlichen Auges. Berlin, 1841. 8. S. 5 fgg.

6) C. F. Th. Krause Handbuch der menschlichen Anatomie. Zweite Aufl. Bd. I. Hannover, 1842. 8. S. 550.

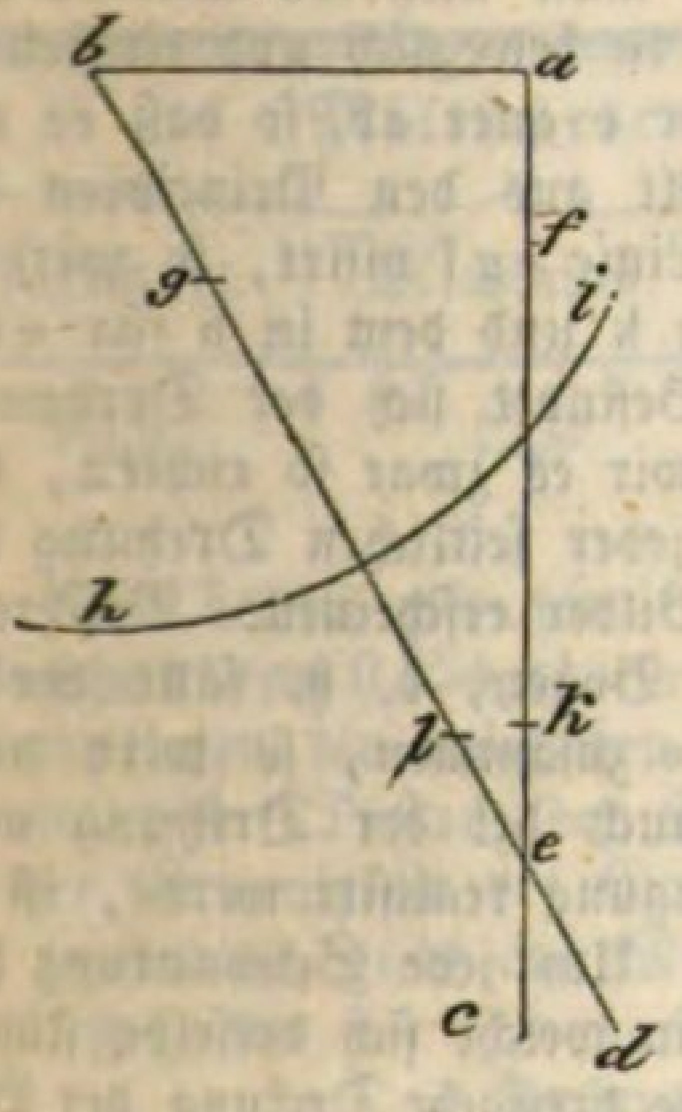
7) A. W. Volkmann Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1836. 8. S. 33.

8) Burow a. a. O. S. 21.

wenn man ſich die Ebene ihrer Anſätze vollkommen kreisförmig denkt, gleich wären und einander in ihrem Durchſchnittspunkte halbirten, ſo müßten ſie auch in allen Fällen einen gemeinſchaftlichen Drehpunkt beſitzen. Obgleich dieſes Verhältniß einen hohen Grad theoretiſcher Wahrſcheinlichkeit für ſich hat, ſo fehlen doch noch die ſtrengeren Beweiſe, welche eine ſolche Annahme mit mathematiſcher Evidenz zu erhärten im Stande wären. Gerade die etwas ungleiche Vertheilung der Anfügungsſtellen der vier Recti zeugt entweder dagegen oder deutet darauf hin, daß hier eine genau berechnete Correction, welche durch die nicht ganz kugelige Form des Bulbus nothwendig wird, Statt findet.

Volkmann, welcher zuerſt Beſtimmungen der Art verſuchte, ſtützte ſich hierbei auf ein ſpäter zu beſprechendes Theorem, daß nämlich der genannte Drehpunkt mit dem Kreuzungspunkte der Sehſtrahlen oder dem Durchſchnittspunkte der verſchiedenen Linien, welche mannichfache äußere Objecte mit deren Netzhautbildern verbinden, identiſch ſei. Indem er nun fand, daß dieſer Punkt bei den Augen von Albinokaninchen, welche die Spiegelbilder der Netzhaut wegen des Mangels des Choroidalpigmentes von außen am deutlichſten erkennen laſſen, der gleiche bleibt, das Auge mochte ſich, in welcher Höhenlage es wolle, befinden, ſchloß er, daß der Kreuzungspunkt der Sehſtrahlen und mithin auch der Drehpunkt des Auges für alle vier Recti derſelbe ſei. Zur Prüfung der gleichen Verhältniſſe bei dem Menſchen bediente er ſich eines eigenen Viſirapparates, welcher die horizontale Bewegung zu controlliren ſucht und den auch Burow angewandt hat[1]). Er beruht im Ganzen auf folgendem Princip. Geſetzt, a ſei ein in der gehörigen Entfernung der Sehweite befindlicher Punkt, z. B. ein Haarviſir, welche durch ein Diopter f ſo geſehen wird, daß ſein Strahl ae durch die Mitte der Hornhaut geht. In b befinde ſich ein zweiter ähnlicher Punkt, welcher ebenfalls durch eine im Verlaufe der Linie be angebrachte Diopteröffnung g wahrgenommen werden kann. Betrachte ich nun zuerſt den Punkt a durch ſeinen Diopter f, wende hierauf den Blick nach b und verſchiebe be ſo lange, bis dieſer Punkt b ebenfalls durch ſein Diopter g wahrgenommen wird, ſo muß ſich offenbar das Auge bei dieſer Bewegung um den Scheitelpunkt e des Dreieckes abe gedreht haben. Iſt nun an dem Stabe, der von b ausgeht und das Diopter g trägt, ein mit einer Gradeintheilung und einem Nonius verſehener Kreisbogen hi, deſſen Mittelpunkt in b fällt, angebracht, ſo kann der Winkel abe unmittelbar abgeleſen werden. Nun ſind wir im Stande, ab nach Willkühr zu beſtimmen und bae = 90° zu machen. Unter dieſen Verhältniſſen iſt ae = ab tang. abe und be = ab cos. abe. Mißt nun ein Gehülfe während des Viſirens des Punktes a die Entfernung des Centrum der Hornhaut k von a oder dieſelbe Diſtanz lb, wenn b fixirt wird, ſo bilden natürlich ke = ae — ak oder le = be — bl den Abſtand des Drehpunktes des Auges von der Vorderfläche der Mitte der Hornhaut.

Fig. 96.



Volkmann erhielt bei 6 erwachſenen Männern als Maximum der Diſtanz des horizontalen Drehpunktes von dem Centrum der Cornea 6,264 pariſer Linien, als Minimum 5‴,064 und im Mittel 5‴,46. Eine Frau ergab 6‴,264 und ein 14jähriges Mädchen 5‴,664. Im Durchſchnitt aus allen Beſtimmungen reſultirten 5‴,592 (= 12,61 Millim.), Burow kam auf 5‴,42 (= 12,22 Millim.).

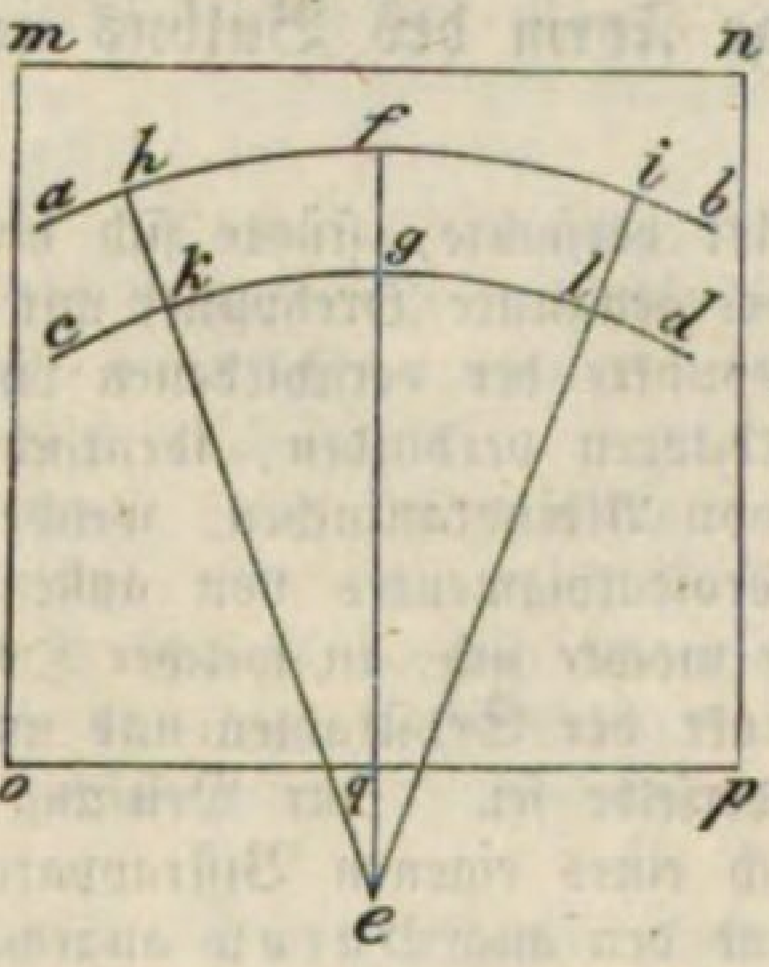
Die genaue Winkelmeſſung an dem oben erwähnten Apparate dürfte aber bisweilen bei der nothwendigen Unvollkommenheit und Kleinheit des Gradbogens Schwierigkeiten verurſachen. Sie erhöhen ſich noch wegen der Beſtimmung des Abſtandes der keine

[1]) Eine Abbildung deſſelben findet ſich bei Volkmann a. a. O. Tab II. Fig. 5. und bei Burow a. a. O. Tab. I. Fig. 1.

Berührung irgend einer Art vertragenden Hornhaut von dem fixirten Viſirgegenſtande. Es können hierbei wahrſcheinlich kaum je Reſultate, die auf mathematiſche Schärfe Anſpruch zu machen das Recht haben, erhalten werden. Ueberdies controllirt jenes Inſtrument nur die horizontalen, nicht aber die übrigen Drehungen des Augapfels. Aus dieſen Gründen dürfte vielleicht eine andere Vorrichtung, welche Volkmann [1]) ſelbſt zu allgemeinen Anſchauungen und Mile [2]) zu anderen Beobachtungen zum Theil gebraucht hat, eine größere Schärfe verſprechen und vielſeitigere Beobachtungen geſtatten.

Man beſchreibt zu dieſem Zwecke auf einer ganz ebenen Platte von Holz zwei concentriſche Kreisbogen ab und cd, deren Radien ef = r und eg = r' genau gemeſſen ſind. Nun nimmt man dieſen mittleren Halbmeſſer ef und eg als Ausgangspunkt, beſtimmt zu beiden Seiten deſſelben die gleichen Bogentheile hf und fi oder kg und gl und zieht die Radien hke und ile. Man verfertigt ſich alsdann vier entſprechende kleine quadratiſche und mit congruenten Oeffnungen verſehene Rahmen. Jeder von ihnen erhält ein Fadenkreuz, deſſen Durchſchnittspunkt in die Mitte des Quadrates fällt. Sie werden dem Kreisbogen entſprechend ſo aufgeſtellt, daß die Kreuzungspunkte über k, h, g, f, l und i fallen und die horizontalen und ſenkrechten Linien einander decken, wenn k und h in der Richtung ekh, g und f in der von egf und l und i und der von eli viſirt werden. Zugleich muß der Radius eg = ek = el nahebei die Größe der gewöhnlichen mittleren Sehweite haben oder circa 6—12 Zoll lang ſein. gf = ka = li kann ungefähr 1—3 Zoll betragen. Wollte man aber das Inſtrument für ſehr kurz- oder weitſichtige Augen einrichten, ſo müßte man mehrere concentriſche Kreiſe ziehen und die Quadrate auf den Radien he, fi und ie beweglich und einſtellbar machen. Nun ſchneidet man das Brett eine Strecke weit vor e quer ab, ſo daß es nur den Umfang von mnpo beſitzt. Der Grund hiervon erhellt aus den Principien des Inſtrumentes. Wird nämlich das Fadenkreuz in g in der Linie egf viſirt, ſo wird es das in f vollſtändig decken. Das Gleiche muß mit dem in k und dem in h für ekh und mit dem in l und dem in i für eli der Fall ſein. Befindet ſich der Drehpunkt unſeres Auges außerhalb des Mittelpunktes e, ſo können wir es zwar ſo richten, daß das von g und f gänzlich auf einander fallen. Allein bei jeder ſeitlichen Drehung deſſelben werden k und h und anderſeits l und i als doppelte Bilder erſcheinen. Beſchreibt dagegen unſer Bulbus einen mit ab und cd concentriſchen Bogen, d. h. fällt der in ſeinem Innern liegende Drehpunkt mit dem Mittelpunkte e zuſammen, ſo wird nicht bloß das Kreuz g bei der Einſtellung das von f, ſondern auch bei der Drehung nach beiden Seiten k, h und l, i decken. Damit aber dieſe Bedingung realiſirt werde, iſt es nothwendig, daß der hinterſte Theil des Brettes wegfalle. Um jede Schwankung des Kopfes zu verhüten, wird dann eine ſeitliche Vorrichtung, an welche ſich derſelbe ſtützen kann, angebracht. Haben wir Alles genau eingeſtellt und die dreifache Deckung der Bilder bei den entſprechenden Bewegungen des Augapfels gefunden, ſo iſt für dieſen Fall die Entfernung des Drehpunktes von f = r und die von g = r'.

Fig. 97.



Um nun die Diſtanz der Hornhaut von dieſen Orten zu beſtimmen, fixirt der Beobachter, wenn er ſein Auge genau eingeſtellt hat, das Bild g und ſieht daher gerade in der Mitte vor ſich hin. Ein Gehilfe betrachtet alsdann das Seitenprofil der Cornea mittelſt eines Fernrohres, welches mit einem Fadenkreuze verſehen iſt, und ſtellt alles ſo ein, daß das Centrum der Hornhaut mit der Kreuzungsſtelle zuſammenfällt. Der Experimentator entfernt ſich hierauf von dem Apparate und richtet eine auf einem beweglichen Stativ befindliche Nadelſpitze ſo lange, bis ſie wieder in den Kreuzungspunkt des Fadens des Fernrohres fällt. Beſtimmt man nun die Entfernung dieſer Spitze von g

[1]) a. a. O. S. 35. 36.

[2]) Siehe Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XIV. Leipzig, 1838. 8. S. 217.

= d und die von f = d′, ſo hat man für die Diſtanz des Kreuzungspunktes von der Hornhaut r — d = r′ — d′.

Der Bequemlichkeit wegen kann man die letztere Meſſung noch folgendermaßen vereinfachen und verſchärfen. Man bringt an den Rand op des Brettes mnop einen Maaßſtab an, der nach den Seiten oder nach unten umgelegt zu werden vermag. Er wird ſo gerichtet, daß er in die Verlängerung der Linie fgq fällt und zeigt daher zugleich den Ort des Centrum e an. Man braucht dann nur zu ſehen, welchen Punkt r die Kreuzung der Fäden des Fernrohres deckt und iſt im Stande, die gewünſchte Diſtanz qe in Maaßäquivalenten unmittelbar und ſehr genau abzuleſen.

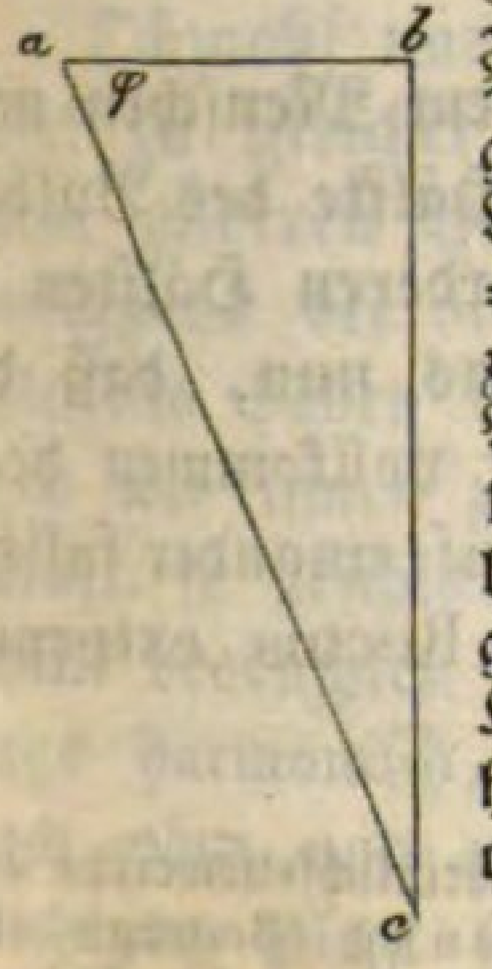
Dieſes Inſtrument müßte, wie ich glaube, außer ſeiner Schärfe und der Möglichkeit der directen Beobachtung noch den Vortheil gewähren, daß man durch horizontale Aufſtellung deſſelben die wagerechte, durch ſenkrechte dagegen die perpendiculäre Drehung des Bulbus controlliren und auf dieſe Art beſtimmen könnte, ob beiderlei Drehpunkte wahrhaft zuſammenfallen oder nicht. Ich hatte bis jetzt keine Zeit, den Apparat mit den hinreichend genauen Fadenkreuzen zu verfertigen, errichtete aber proviſoriſch einen ſolchen, bei welchem dieſe durch ſehr dünne, genau ſenkrecht und in der Richtung der Radien aufgeſtellte Nadeln erſetzt wurden und überzeugte mich von der Richtigkeit des Ganzen. Sowohl Gerber, als ich und Andere nahmen die Deckung der cylindriſchen Theile der gehörig eingeſtellten Nadeln bei allen Drehungen des Auges wahr. Stehen ſämmtliche Apparate auf Steinplatten feſt und wird der Kopf ſelbſt ſo ſtark angelehnt, daß er nicht im Geringſten ſchwankt, ſo erhält man ſchon mittelſt dieſes verhältnißmäßig rohen Apparates befriedigende Reſultate. So z. B. ergaben ſich folgende Werthe für die horizontale Bewegung meines linken Auges in 10 unabhängigen Beobachtungen und Meſſungen:

Entfernung des Drehpunktes der horizontalen Bewegung vor dem Centrum der Vorderfläche der Hornhaut in

Millimetern			Pariſer Linien		
Maximum.	Minimum.	Medium.	Maximum.	Minimum.	Medium.
12,8	12,0	12,41	5,674	5,320	5,501

Wir haben alſo hier trotz der Unvollkommenheit der Vorrichtung einen Maximalunterſchied von 0,354 oder etwas mehr als ⅓ Linie. Bei dem Volkmann'ſchen Apparate liegen die möglichen Beobachtungsirrthümer in der Winkelmeſſung und der Beſtimmung der Diſtanz der Hornhaut von dem Gegenſtande. Die erſtere, welche bei gehöriger Genauigkeit des Gradbogens und des Nonius deſſelben die kleineren Abweichungen verurſacht, giebt als Minimum 3 Minuten an [1]). Nehmen wir z. B., abc ſei das hiernach zu berechnende Dreieck. ab iſt an dem Volkmann'ſchen Inſtrumente = 1 Zoll = 12 Linien. Abſtrahiren wir von der Verſchiedenheit der Augen, die auf dieſe Rechnung nur von untergeordnetem Einfluſſe ſein kann, ſo haben wir bc = 6 Zoll = 72 Linien. Da nun der Winkel abc = 90°, ſo erhalten wir tang. φ = 6 und mithin φ = 80° 32′ 16″. Geſetzt, der Winkel würde zu 80° 35′, was, wie man ſieht, durch die genaueſte Meſſung am Apparate noch nicht beſtimmt werden kann, ſo erhalten wir bc = 12 tang. 80° 35′ = 72,356 pariſer Linien. Der durch die Winkelbeſtimmung allein an dem Volkmann'ſchen Inſtrumente bei der größten Sorgfalt mögliche Irrthum, welcher natürlich durch die Hornhautmeſſung noch bedeutend erhöht werden kann, gleicht daher ſchon den Fehlerquellen, welche bei der rohen Conſtruction des obigen Apparates auftreten.

Fig. 98.



1) Volkmann a. a. O. S. 32.

Für die perpendiculäre Bewegung zeigte ſich in zwei Reihen, von denen jede 10 Beobachtungen umfaßte:

Entfernung des Drehpunktes der ſenkrechten Bewegung von dem Centrum der Vorderfläche der Hornhaut in

Millimetern.			Pariſer Linien.		
Maximum.	Minimum.	Medium.	Maximum.	Minimum.	Medium.
12,0	11,0	11,46	5,320	4,876	5,080

Aus dieſen Erfahrungen erhellt ſo viel, daß der Drehpunkt des Auges für die ſenkrechte Bewegung mit dem für die wagerechte ſehr nahe zuſammentrifft. Ob ſie jedoch wahrhaft identiſch ſind, läßt ſich noch nicht mit aller Beſtimmtheit entſcheiden. Die obigen Zahlenreſultate würden darauf hindeuten, daß der perpendiculäre Drehpunkt um etwas weniger als 1 Millimeter, oder um weniger als eine halbe Linie (0,95 Millim. = 0,421 pariſer Linie) weiter nach vorn wie der horizontale liege. Allein ſo wahrſcheinlich auch dadurch das allgemeine Reſultat wird, ſo kann ich auf dieſe einzelnen Zahlen ſelbſt keinen Werth legen oder ſie als Baſis fernerer Rechnungen betrachten, weil der Unterſchied zwiſchen dem Maximum und dem Minimum der ſenkrechten Bewegung faſt eben ſo viel als die mittlere Diſtanz der beiden Drehpunkte beträgt. Eine geringe Verſchiedenheit der letzteren ſcheint deshalb nichts Widerſprechendes zu haben, weil der Augapfel keine Kugel, ſondern ein Sphäroid iſt. Das ſchwache Vorrücken des ſenkrechten Drehpunktes würde dann darauf hinweiſen, daß der perpendiculäre Kreisdurchſchnitt einen kleineren Radius als der transverſale beſitzt; was allerdings den ſpäter anzuführenden Meſſungen von Krauſe zu entſprechen ſcheint.

Nehmen wir nun an, daß die mittlere Achſe der menſchlichen Linſe 5,17 Millimeter [1]) = 2,29 par. Linien) und ihre Diſtanz von dem Centrum der Vorderfläche der Hornhaut 2,64 Millim. (= 1''',17) beträgt, ſo würde der horizontale Drehpunkt 4,6 Millim. (= 2''',04), der ſenkrechte dagegen 3,65 Millim. (= 1''',62) hinter dem hinteren Endpunkte der Linſenaxe fallen. Schlagen wir den Längendurchmeſſer des Glaskörpers zu 13,4 Millim. (= 5''',94) an, ſo würden die Drehpunkte der geraden Augenmuskeln in die hintere Gegend des vorderſten Dritttheiles des Corpus vitreum zu verſetzen ſein.

Die mittlere äußere Achſe des Auges beträgt durchſchnittlich 10''',55, der horizontale Durchmeſſer 10''',9, der größte Querdurchmeſſer 11''',025 und der ſenkrechte äußere Diameter 10''',45. Hiernach erhalten wir einen mittleren Durchmeſſer von 10''',731 und daher einen durchſchnittlichen Radius = 5''',365. Nun hatten wir für die Entfernung des ſenkrechten Drehpunktes 5''',080 und für die des horizontalen 5''',501, folglich im Mittel 5''',29, d. h. der centrale Drehpunkt des Bulbus fällt wahrſcheinlich genau mit dem idealen Mittelpunkte deſſelben zuſammen. Wir werden daher auch dieſen letzteren Werth ſpäter folgenden Rechnungen zum Grunde legen.

1013 Indem die ſeitlichen Augen der Säugethiere bei dem Menſchen nach vorn rücken, bleiben natürlich die obere und die untere Hälfte des Bulbus ihrer Lage nach unverändert. Dagegen werden die vorderen Hälften zu inneren und die hinteren zu äußeren. Denken wir uns nun, daß die Convergenz ſo weit zunähme, daß die Augäpfel einander vollkommen decken, ſo würden beide Recti superiores oder inferiores auf einander fallen. Der eine Rectus internus aber käme auf den anderen Rectus externus

[1]) Dieſe und die nachfolgenden Beſtimmungen habe ich als Wahrſcheinlichkeitswerthe aus den Zuſammenſtellungen und Meſſungen von G. R. Treviranus (Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge des Menschen und der Thiere. Heft I. Bremen, 1828. Fol. S. 22. 23.) und Krauſe (Meckel's Archiv. Bd. I. Leipzig, 1832. 8. S. 115) combinirt.

und umgekehrt. Ebenſo würden die beiden Obliqui superiores und inferiores mit ihren Anſatzpunkten auf ſymmetriſche, aber ſeitlich entgegengeſetzte Stellen ſtoßen; die unteren ſchiefen Augenmuskeln müßten einander ihrem Verlaufe gemäß eine Strecke weit in inverſen Richtungen decken. Sollen ſich nun unter dieſen Verhältniſſen unſere beiden Augen harmoniſch nach einer Seite hin bewegen, ſo iſt dieſes nicht anders möglich, als daß dabei eine gewiſſe Aſymmetrie der wirkenden Muskeln hervortritt. Die Recti superiores oder inferiores können gleichzeitig die Bulbi heben oder ſenken. Wollen wir aber unſern Blick z. B. nach links richten, ſo muß ſich das linke Auge nach außen, das rechte nach innen wenden. In jenem wird ſich dann der Rectus externus zuſammenziehen und der Rectus internus verhältnißmäßig erſchlaffen. Dieſer abweichende Charakter der Muskelpaare, welche die verſchiedenen Augenhälften beherrſchen, giebt ſich auch bei den Combinationen derſelben zu erkennen. Wenden wir z. B. den linken Augapfel nach oben und außen, ſo geht der rechte nach oben und innen, weil die beiden Recti superiores harmoniſch und ſymmetriſch, Rectus externus und internus dagegen harmoniſch und aſymmetriſch wirken.

Die unmittelbare Erfahrung lehrt uns, daß wir in manchen Fällen 1014
die harmoniſche Stellung unſerer Augäpfel theils willkürlich, theils unwillkürlich aufzugeben im Stande ſind. Einzelne Verrückungen der Art ſind jedem geſunden Menſchen möglich und bei gewiſſen Verhältniſſen des Sehens ſogar natürlich, während dagegen andere außerhalb des Bereiches ſeiner Kräfte liegen. Das in dieſer Beziehung leitende Grundgeſetz beſteht darin, daß ſich noch die beiden Recti interni gleichzeitig zuſammenziehen können, während dieſes bei den beiden Rectis externis nicht angeht. Wir können daher unſere Bulbi in demſelben Augenblicke nach innen, nach innen und oben oder innen und unten richten, ſind aber außer Stande, ſie gleichzeitig nach außen, außen und oben oder außen und unten zu bringen. Das erſtere erfolgt z. B. immer, wenn wir einen Gegenſtand, der vorzüglich von kleinerem Umfange iſt und näher als unſere gewöhnliche mittlere Sehweite liegt, genau betrachten. Wir ſchielen daher mit beiden Augen nach innen, wenn wir kleine Schrift leſen oder feinere Handarbeiten verrichten.

Obwohl uns die Fähigkeit mangelt, im wachen Zuſtande beide Aug- 1015
äpfel zu gleicher Zeit nach außen und oben zu führen, ſo ſcheint doch unter anderen Verhältniſſen die Möglichkeit einer ſolchen Stellungsweiſe wenigſtens bei vielen Menſchen gegeben zu ſein. Im Momente des Einſchlafens haben die Augen die Neigung, ſich nach oben und zwar nach oben und innen zu richten. Weckt man dagegen einen Menſchen, welcher ſchläft, ſo geſchickt, daß man noch im erſten Augenblicke die Stellung ſeiner Bulbi beobachten kann, ſo ſieht man nicht ſelten, daß dieſe bei ſeitlicher Lage harmoniſch, bei der Rückenlage dagegen gerade und faſt parallel nach oben und zwar ein wenig nach außen ſtehen. Dieſe abweichende Richtung pflegt ſich jedoch nicht ſo weit zu erſtrecken, daß die Augäpfel eine möglichſt ſtarke Verrückung nach oben darbieten. Noch deutlicher, als bei Geſunden, läßt ſich dieſes an Blinden, die an großen Staphylomen

leiden, deren Hornhaut bauchig hervorragt und ſich daher auch bei geſchloſſenen Augenlidern wahrnehmen läßt, beobachten (Tourtual)[1]).

1016 Dieſe eigenthümlichen Erſcheinungen der inneren und äußeren geraden Augenmuskeln ſind keine bloßen Folgen unſeres Inſtinctes, nach denen wir die Bewegung auf eine unſerem Sehen entſprechende Art einrichten. Denn erblindete Augen verlaſſen jene eigenthümlichen gegenſeitigen Bewegungsrichtungen, wenn keine anderen ſpäter zu erwähnenden Nebenmomente eintreten, auf keine weſentliche Weiſe. Da ſie überdies das zarte Kind faſt von dem Anfange ſeines Lebens darbietet, mithin viel früher zeigt, als es irgend wie die Entfernungen gehörig zu beurtheilen vermag, ſo kann dieſes Phänomen in keiner Angewöhnung, die uns allmälig zum Geſetze geworden, liegen. Eben ſo wenig vermag ſie durch eine Ungleichheit der Größe der wirkenden Muskeln hervorgerufen zu werden. Denn an einem jeden einzelnen Auge kann die Thätigkeit des Rectus externus eben ſo leicht über die des Rectus internus, als das Umgekehrte vorherrſchen. Es bleibt uns daher nur übrig, den Grund der Erſcheinung in dem Nervenſyſteme zu ſuchen. Es wird ſich in der Phyſiologie des letzteren ergeben, daß zwar noch keine definitiven Einzelbeweiſe in dieſer Hinſicht vorliegen, daß aber wenigſtens allerdings mancherlei Andeutungen zu hypothetiſchen Anſichten in Betreff dieſes Punktes gegeben ſind.

Während die Augenmuskeln im Normalzuſtande eine gleichförmige Thätigkeit zeigen, können ſie durch Krankheitsverhältniſſe, welche ſie ſelbſt oder ihre Nachbartheile treffen, ihrer regelrechten Norm entrückt werden. Leidet z. B. ein Menſch an Lähmung des Levator palpebrae superioris einer Seite, ſo daß das entſprechende Augenlid vorhangartig über den einen Bulbus herabhängt, ſo bewegt ſich der Augapfel meiſtentheils der Höhe nach harmoniſch mit dem Anderen. Jener wird daher, wenn der Menſch nicht gerade nach unten ſieht, von dem herabhängenden Augenlide mehr oder minder bedeckt, ſo daß oft die Pupille gar nicht frei wird und die Perſon ſich mit dem anderen geſunden Auge bei dem Sehen behilft. Hat dagegen dieſes Leiden beide Augen befallen, oder iſt die Augenlidſpalte wegen Verwachſung der Augenwinkel zu eng, ſo erhalten die Bulbi eine Neigung nach unten zu ſtehen, ſo daß die Recti inferiores ein Uebergewicht über die superiores behaupten, um das Sehloch der ſchmalen Augenlidſpalte gegenüberzuſtellen. Zugleich hilft dann eine habituelle Rückwärtsbiegung des Kopfes nach, um den Ueberblick zu erleichtern und zu vergrößern.

Bei dem geſunden Sehen behaupten die Augenmuskeln ihre einmal angenommene Stellung ſo lange, bis der Wille über ſie von Neuem anders befiehlt. Selbſt bei Blinden behalten ſie dieſe temporäre Fixation bei, wenn auch keine Spur einer Geſichtsempfindung mehr vorhanden iſt. Ihre Harmonie der Bewegung dauert dann noch fort, es ſei denn, daß ſie durch eine der ſpäter zu erwähnenden krankhaften Urſachen geſtört worden. Dagegen ſtoßen wir auf einzelne pathologiſche Zuſtände, bei welchen dieſe Ruhe des Augapfels verloren geht und derſelbe wie von entgegengeſetzten, bald ſiegenden, bald überwundenen Kräften in fortwährenden Schwankungen erhalten wird. Dieſes Verhältniß tritt zunächſt bei vielen Veranlaſſungen dann ein, wenn eben die Sicherheit der Auffaſſung verloren gegangen, wie z. B. bei dem Bemühen, Gegenſtände, welche von der mittleren Sehweite ſehr weit nach der einen oder der anderen Seite hin abſtehen, zu fixiren, bei großer geiſtiger Verlegenheit u. dgl. In noch höherem Grade kommt

---

[1]) Ammon's Monatsschrift für Medicin, Augenheilkunde und Chirurgie. Bd. I. Dresden und Leipzig, 1838 8 S. 238. De Functionibus Nervorum cerebralium et N. sympathici libri IV. Bernae et Sangalli, 1839. 4. p. 107. Melchior de strabismo. p. 28. und Ruete a. a. O. S. 52.

es bei lichtſcheuen Augen, welche von einer hellen Beleuchtung plötzlich betroffen werden, z. B. bei Leuten, die lange im Finſtern geſeſſen, ſolchen, welche kurz vorher eine bedeutendere Augenoperation überſtanden, bei Kindern mit ſkrophulöſen Augenentzündungen u. dgl. vor. Eine ſolche Störung des Gleichgewichts erlangt dann bei dem krankhaften, fortwährenden Augapfelrollen (Nystagmus) einzelner Halbblinder oder gänzlich Erblindeter, Geiſteskranker u. dgl. das Maximum ſeiner Wirkung.

Das Schielen beruht auf einer anhaltenden Disharmonie der Stellungen und Bewegungen beider Augäpfel. Es entſteht entweder dadurch, daß der eine Bulbus relativ oder abſolut fix bleibt, während ſich der andere lebhaft bewegt, oder daß die urſprüngliche gegenſeitige Stellung beider Augäpfel eine disharmoniſche iſt und ſich auch auf die meiſten Ortsveränderungen derſelben überträgt. Der erſtere Fall bildet das fixe Schielen (Luscitas), der zweite das bewegliche (Strabismus). Bei jenem ſteht meiſtentheils nur ein Bulbus ganz oder faſt gänzlich feſt. Dann muß natürlich der krankhafte Zuſtand in allen Fällen, in welchen nicht das geſunde Auge genau die gleiche Stellung einnimmt, auffallen. Oder der Bulbus kann ſich nur in einem aliquoten Theile ſeines Bogens bewegen, bleibt aber dann fixirt, während der geſunde Augapfel ſeinen vollſtändigen Kreisabſchnitt durchläuft. Hier wird der Fehler bloß bei einzelnen Augenbewegungen zum Vorſchein kommen. Wenn ſich z. B. das linke Auge nur von innen bis zur Mitte, nicht aber bis nach außen in horizontaler Richtung zu wenden vermag, ſo wird der Menſch noch ganz gut nach rechts hinaus ſehen oder ſelbſt leſen können, ohne daß ſeine Infirmität auffällt. Jeder Verſuch dagegen, den Blick weit nach außen und links zu wenden, muß dieſelbe ſogleich offenbaren. Fälle, in welchen beide Augäpfel zugleich in dieſer Weiſe abſolut oder relativ befeſtigt ſind, gehören zu den Seltenheiten.

Dieſes feſtſtehende Schielen hat meiſt in organiſchen Fehlern der Augenmuskeln, wie zu großer Kürze, Subſtanzverluſt, Verwachſungen eines oder mehrerer derſelben u. dgl., ſeine Urſache. Ob es auch durch eine permanente krampfhafte Verkürzung von ihnen zu Stande kommen könne, verdient noch eine genauere Unterſuchung.

Das bewegliche Schielen kann durch jeden der ſechs Augenmuskeln verurſacht werden. Das Uebergewicht der Thätigkeit des Rectus internus über die des Rectus externus erzeugt eine Deviation nach innen, der umgekehrte Fall dagegen eine ſolche nach außen. Eine größere Kraftäußerung des Rectus superior bedingt ein Schielen nach oben, die des Rectus inferior ein ſolches nach unten. Auf gleiche Art kann ſich der Fehler in einzelnen Diagonalrichtungen, z. B. nach oben und außen, unten und innen u. dgl. bewegen. Unter allen Mängeln der Art ſind diejenigen, in welchen der Rectus externus oder internus allein oder in Verbindung mit dem oberen oder unteren afficirt erſcheinen, bei weitem häufiger, als diejenigen Abweichungen, welche aus dem einſeitigen Leiden des Rectus superior oder inferior hervorgehen. Von den heilbareren Formen des Schielens, d. h. denen, welche keine Begleiter organiſcher tieferer Störungen oder Lähmungen der Netzhaut ſind, erhält das nach innen bei weitem die Majorität.

Die Folgen der genannten Disharmonie der geraden Augenmuskeln fallen jedem nur irgend geübten Blicke ſogleich auf. Anders dagegen muß ſich dieſes bei der ungleichartigen Thätigkeit der beiden Obliqui, wenn ihre Function in der ſchon oben erörterten Drehung beſteht, verhalten. Denken wir uns z. B., daß der Obliquus superior über den O. inferior ein anhaltendes Uebergewicht gewinnt, ſo wird der Bulbus dergeſtalt verdreht werden, daß der obere und innere Quadrant der Hornhaut weiter nach unten tritt und nicht mehr dem gleichen Theile des anderen Auges entſpricht. Ein ſolcher Fehler kann aber äußerlich nicht wahrgenommen werden, es ſei denn, daß man vor der Entſtehung des Leidens einzelne Merkzeichen, wie eine verzogene Pupille, ſtärkere Gefäßſtämme der Bindehaut der Sklerotica beobachtet habe und dieſe nun verſchoben findet. Da aber die Sehare auf dieſe Weiſe verrückt wird, ſo entſtehen dann wenigſtens nach den Angaben einzelner Forſcher (Hueck, Ruete) [1]) Doppelbilder, von denen das eine gerade, das andere dagegen ſchief geneigt erſcheint.

Die abweichende Stellung, welche das Schielen bedingt, kann natürlich entweder nur ein Auge oder beide Bulbi umfaſſen. Jenes giebt den Strabismus simplex, dieſes den Strabismus duplex. In dem letzteren Falle können die disharmoniſchen Stellungen einander gerade oder umgekehrt entſprechen oder auch unter einander ungleich ausfallen.

---

[1]) Ruete a. a. O. S. 50—52.

Beiderlei Fehler kommen entweder nur unter gewiſſen Verhältniſſen oder in allen Fällen zum Vorſchein. Wenn z. B. ein Menſch beſonders auf einem Auge ſehr kurzſichtig iſt, ſo gewöhnt er ſich, daſſelbe vorzugsweiſe bei dem Leſen kleinerer Schrift, der Verfertigung feinerer Handarbeiten u. dgl. zu gebrauchen, weil er dann die Gegenſtände ſehr ſcharf und deutlich ſieht. Er abſtrahirt daher von ſeinem zweiten Auge gänzlich, und dieſes erhält auf ſolche Weiſe die Neigung, ſich träger oder überhaupt disharmoniſch mit dem anderen Bulbus zu bewegen. Ein ähnliches Verhältniß tritt bei dem doppelten Strabismus ein, wenn das eine Auge ſehr kurzſichtig, das andere ſehr fernſichtig iſt. Auch hier ſchielt dann der Menſch mit demjenigen Augapfel, welcher nicht der Diſtanz entſpricht, d. h. alſo bei dem Sehen in die Ferne mit dem kurzſichtigen, bei dem in die Nähe mit dem weitſichtigen. Sind beide Augenachſen gleichförmig nach innen verrückt, ſo kann dieſe Abnormität dergeſtalt angeordnet ſein, daß wir ſelbſt bei dem Naheſehen mit beiden Augen eine ähnliche Stellung unſerer Bulbi annehmen und daher unſer momentanes Schielen mit jenem habituellen zuſammenfällt. Convergiren aber bei ſolchen Kranken beide Augenachſen, ſo daß der Durchſchnittspunkt derſelben weiter hinausfällt, ſo können ſolche Individuen die Bulbi noch mehr nach innen wälzen, um nahe Punkte bei regelrechter innerer Stellung beider Augäpfel zu ſehen. Allein ihre Muskeln haben nicht die gehörige Kraft, dieſen Punkt zu behaupten und kehren leicht in die habituelle abnorme Richtung zurück. Bisweilen kann ſich auch das Schielen auf beide Augen abwechſelnd vertheilen. Endlich ſteht noch dieſer Fehler unter Befehlen des Geiſtes, welche gewiſſermaßen an ähnliche Verhältniſſe des Stotterns erinnern (§. 971) und nur hier in der Regel minder ſcharf ausgeſprochen ſind. Manche Menſchen gewöhnen ſich nämlich das Schielen aus Unart oder Nachahmung an. Andere ſchielen nur, wenn ſie befangen, in Verlegenheit ſind oder an nichts denkend vor ſich hinſtarren. Einzelne Kranke können ihre Augenſtellung durch den Einfluß der Aufmerkſamkeit und die Kraft des Willens verbeſſern, verfallen aber ſogleich in ihren Fehler, ſo wie ihr Geiſt mit anderen Dingen beſchäftigt iſt.

Bei dem ſtabileren Schielen können ſich ebenfalls die Einzelverhältniſſe auf eine ſehr verſchiedenartige Weiſe geſtalten. Nehmen wir z. B. an, daß der ſonſt kräftige Rectus internus des linken Auges aus irgend einem Grunde die anhaltende Neigung habe, ſtärker als der Rectus externus zuſammengezogen zu bleiben, ſo wird dieſer Augapfel in jedem Falle weiter nach innen als der rechte ſtehen. Dieſe Diſſonanz muß in allen Bewegungen bei dem Nahe- und Fernſehen, bei den verſchiedenen ſeitlichen Wendungen des Blickes wiederkehren. Man nannte dieſe Art des Schielens, indem man ſich gleichſam den kranken Bulbus als einen unpaſſenden Begleiter des geſunden vorſtellte, Strabismus concomitans. Dieſer Fehler braucht keineswegs, wie angenommen worden, nur bei dem Schielen mit einem Auge einzutreten, ſondern kann ſich auch bei dem Strabismus duplex wiederholen. Eben ſo wenig muß immer die Disharmonie die gleiche bleiben, ſondern es kann auch die relative Lage der beiden Augäpfel bei den mannichfachen Wendungen des Blickes variiren, ſo daß der verhältnißmäßige Unterſchied bei genauer Beobachtung auffällt.

Indem wir auf die optiſchen Gründe und Folgen des Schielens bei der Betrachtung der Optik des Auges mehrfach zurückkommen werden, können uns für jetzt nur diejenigen Urſachen und Heilmethoden dieſer Infirmität, welche keine ſolche Beziehungen darbieten, vorläufig intereſſiren. Hierher gehören vor Allem organiſche Fehler der Augenmuskeln oder ihrer Nachbartheile und eine unrichtige Innervation der erſteren. Ein Mangel des Rectus externus und internus und des Obliquus inferior, wie ihn Wrisberg beobachtete, gehört gewiß zu den größten Seltenheiten. Eher wäre es denkbar, daß ein Vorherrſchen der Muskelſubſtanz des einen, z. B. des Rectus externus ein Schielen nach außen bedingte, obgleich hier das Urtheil in Einzelfällen ſchon ſehr ſchwierig und ſchwankend ſein muß und die Erſcheinung eben ſo gut Folge als Urſache ſein kann (Ruete) [1]. Deſto häufiger dagegen geben Krankheiten der Augenhöhle, Geſchwülſte, welche in ihnen vorhanden ſind, Verkürzungen der Bindehaut, Affectionen der Augenlider, ſchiefe Stellungen der Cilien, Flecke der Hornhaut und der anderen durchſichtigen Medien des Auges u. dgl. zu ſchiefen Richtungen der Bulbi Veranlaſſung. Das Schielen bleibt dann noch ſehr oft das Leben hindurch, wenn ſelbſt jene Leiden in früher Jugend auf chirurgiſchem Wege entfernt worden, ſei es, daß tiefere organiſche Miß-

---

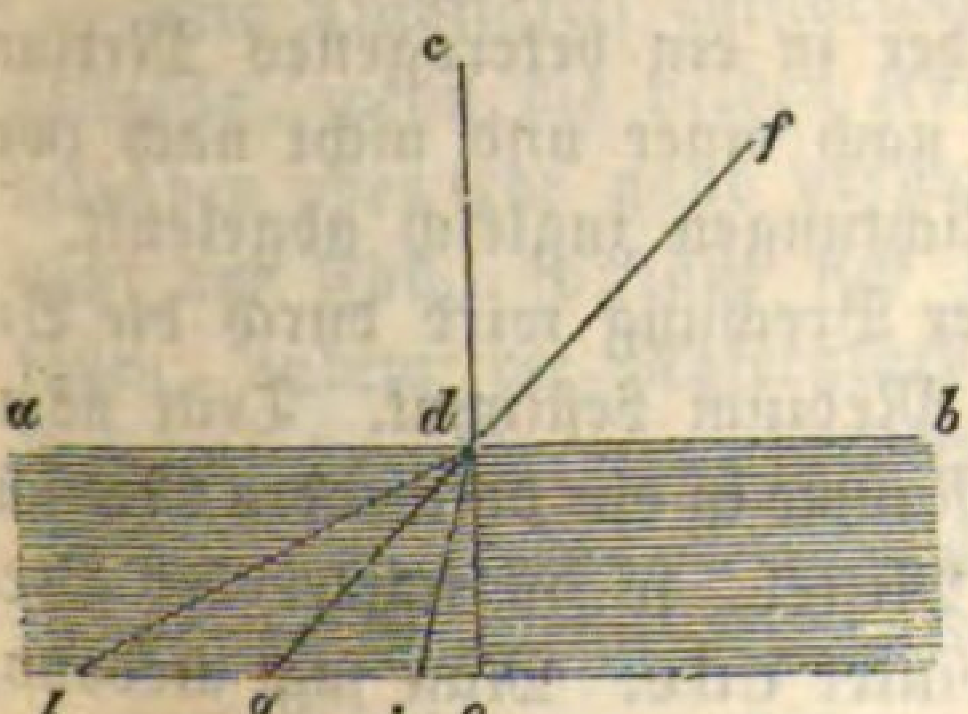
[1]) Ruete a. a. O. S. 53.

verhältniſſe fortdauern oder daß die Gewohnheit den Fehler zur zweiten Natur gemacht hat. Eben ſo werden Entzündungen, Subſtanzverluſt, Verwachſungen und krankhafte Anheftungen der Augenmuskeln Schielen veranlaſſen. Endlich können auch Störungen in dem Gleichgewichte der Zuſammenziehung, welche in den Einflüſſen des Nervenſyſtemes und zwar in materiellen oder geiſtigen Verhältniſſen ihre Urſache haben, oder Lähmungen der Augenmuskeln zu demſelben Reſultate führen.

Diejenigen Arten von Schielen, welche die bloßen Folgen optiſcher Krankheitszuſtände oder krankhafter variabler Einwirkungen des Nervenſyſtemes bilden, können natürlich durch keine operativen Eingriffe ſicher beſeitigt werden. Dagegen bilden zunächſt alle Fälle, in welchen organiſche Fehler der Augenmuskeln, der Bindehaut, der Hornhaut u. dgl. das Leiden urſprünglich bedingen, den Vorwurf der Akiurgie. Während wir durch Entfernung der Abnormitäten der Conjunctiva, der Geſchwülſte und Ablagerungen die erſte Urſache zu heben ſuchen, können wir mittelſt der Durchſchneidung der Muskeln bei organiſchen Veränderungen der letzteren weſentlich eingreifen. Indem ſich die Muskelmaſſe von Neuem nicht wiedererzeugt, ſondern durch Narbenbildung heilt, kann möglicher Weiſe die Anheftung des Muskels auf paſſendere Art verändert oder eine krankhafte Verkürzung oder Verlängerung deſſelben auf dieſem Wege corrigirt werden. Eine Wiederholung der Operation vermag nach und nach das Ziel, welches noch nicht durch einen einmaligen Eingriff erlangt worden, zu erreichen. Allein ſchon bei dieſen günſtigen Combinationen tritt der nothwendige Uebelſtand ein, daß das Auge ein mobiles Organ iſt, welches nicht in gewiſſen gewünſchten Lagen fixirt zu werden vermag. Hat man z. B. den Rectus internus bei dem Schielen nach innen durchſchnitten, ſo kann der Bulbus nach Verſchiedenheit der Individuen bald unverändert bleiben, bald die normale Lage annehmen oder ſogar nach außen ſpringen. Wenn der Rectus externus durch die Dauer des Uebels die Gewohnheit, zu lang zu bleiben, angenommen, ſo gewinnt er erſt allmälig ſeine gehörige Kraft wieder, und das Auge z. B., welches ſogleich nach der Operation gerade oder gar noch mehr nach innen ſtand, wird erſt in dem Verlaufe einiger Tage oder Wochen nach außen gezogen. Dazu kommt noch, daß der Fehler des Schielens, wenn er lange gedauert und zur zweiten Natur geworden, auch unter richtigeren anatomiſchen Verhältniſſen der Augenmuskeln mittelſt einer abweichenden Innervation wiederkehrt, oder daß ein Kranker, der auf einem Auge glücklich operirt worden, nun mit ſeinem zweiten, früher geſunden zu ſchielen beginnt. Dieſe Umſtände erklären es, weshalb ſehr viele Leidende der Art, welche der Arzt ſcheinbar geheilt entlaſſen, nach Wochen oder Jahren eine neue Infirmität ihrer Augenſtellung darbieten. Bei Schielenden, deren Abnormität durch eine unrichtige Leitung der Bewegungsnerven der Augenmuskeln bedingt worden, muß die Operation noch zweideutiger ausfallen und in vielen Fällen, wie bei dem optiſchen Schielen, geradezu verboten ſein. Daß aber Unſicherheiten des Blickes und Fehler des Sehens, welche die bloßen Folgen des Muskelleidens des Schielens ſind, durch die Operation weichen, verſteht ſich von ſelbſt.

Allgemeine Dioptrik des Auges. — Jeder Lichtſtrahl verfolgt, 1017
ſo lange er in demſelben völlig gleichartigen Medium bleibt, ſeinen geradlinigten unveränderten Weg. Dieſes findet auch bei dem Uebergange aus dem leeren Raume in einen durchſichtigen Körper oder bei dem aus einem Medium in das andere Statt, wenn nur die Richtung ſeiner Bahn mit der Begrenzungsebene des neuen Körpers genau einen rechten Winkel bildet. Fehlt aber dieſe letztere Bedingung, ſo wird der Gang des Strahles geändert oder abgelenkt. Er wird auf dieſe Weiſe gebrochen.

Fig. 99.



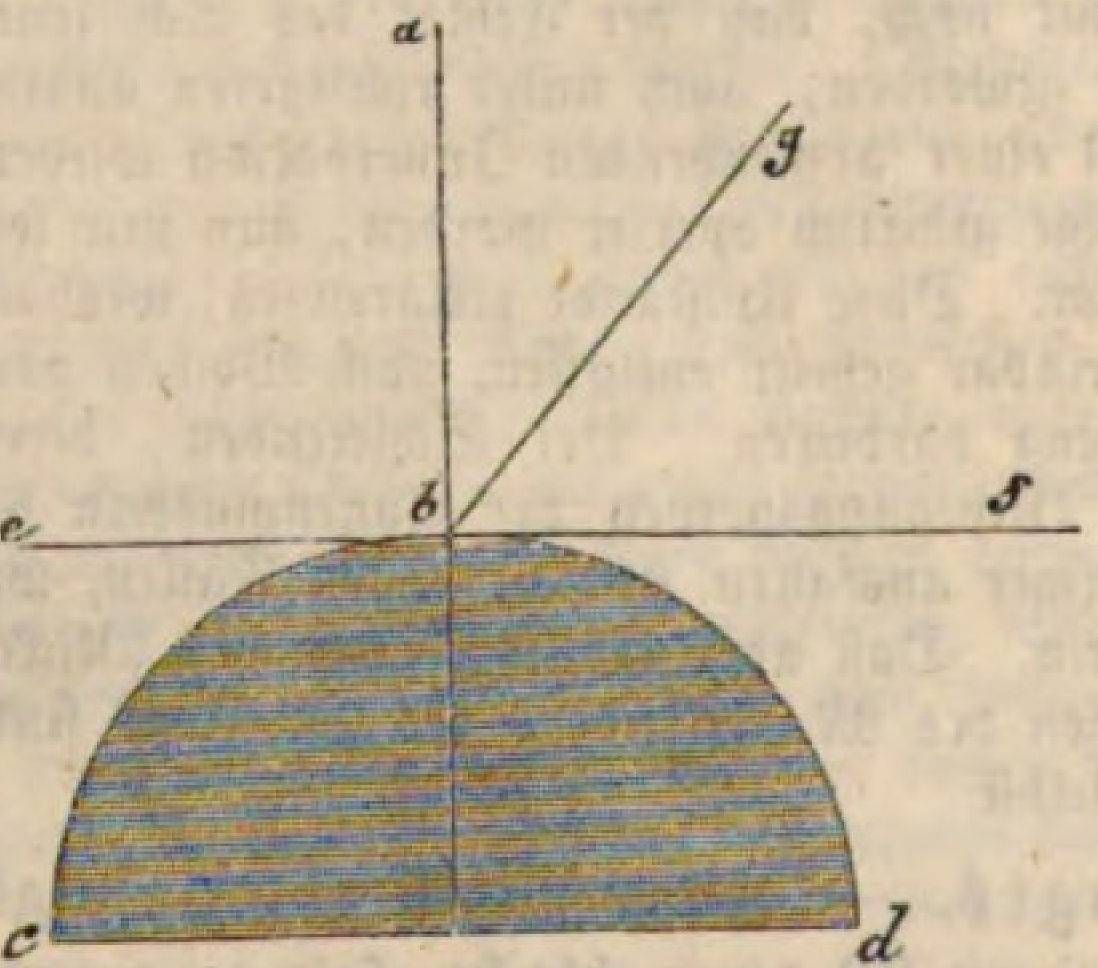
Geſetzt, ab ſei die Oberfläche des neuen Medium, ſo wird ein Lichtſtrahl cd, welcher mit ihr den Winkel cda = 90° bildet, auch in der Richtung de fortgehen.

cde bildet alsdann Eine gerade Linie. Fällt dagegen der Strahl fd unter jedem anderen Winkel, z. B. unter fdb auf, ſo dringt er nicht in ſeiner unmittelbaren geradlinigten Fortſetzung dg weiter vor, ſondern wird in ſeiner Bahn nach di oder dh abgelenkt, ſo daß ſein Weg fdi oder fdh einen beſtimmten Winkel bildet.

1018 Man nennt die auf der Ebene ab des neuen Mediums ſenkrecht ſtehende Linie cd das Einfallsloth, denjenigen Winkel cdf, welcher durch dieſes letztere Perpendikel und den einfallenden Lichtſtrahl fd gebildet wird, den Einfallswinkel, den anderen ide oder hde dagegen, welcher durch die Verlängerung de des Einfallslothes cd und den gebrochenen Strahl di oder dh entſteht, den Brechungswinkel. Die Größe der auf dieſe Weiſe entſtehenden Ablenkung aber wird durch die ſogenannten Ablenkungswinkel gdi und gdh, d. h. durch die Winkel, welche durch den gebrochenen Strahl und die Verlängerung des Einfallslothes entſtehen, gemeſſen. Der gebrochene Strahl bleibt bei den meiſten Körpern einfach, wenn es der eintretende geweſen. Einzelne Subſtanzen, wie z. B. der Kalkſpath, haben das Vermögen, durch Lichtpolariſationserſcheinungen den abgelenkten Strahl zu verdoppeln. Sie beſitzen daher, wie man ſich ausdrückt, das Vermögen einer doppelten Strahlenbrechung.

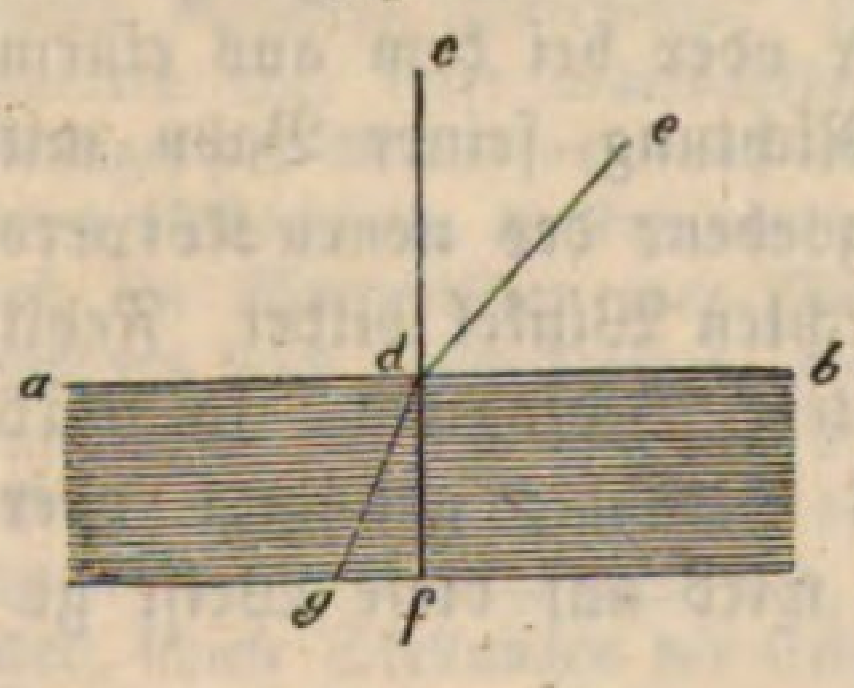
1019 Bietet das neue Medium, in welches der Lichtſtrahl gb eindringt, eine gekrümmte Oberfläche cbd dar, ſo iſt dieſes natürlich eben ſo gut, als wenn es eine ebene Oberfläche ef hätte, welche an dem Einfallspunkte b des Strahles die Curve cbd tangental berührt und auf der das Einfallsloth ab ſenkrecht ſteht.

Fig. 100.



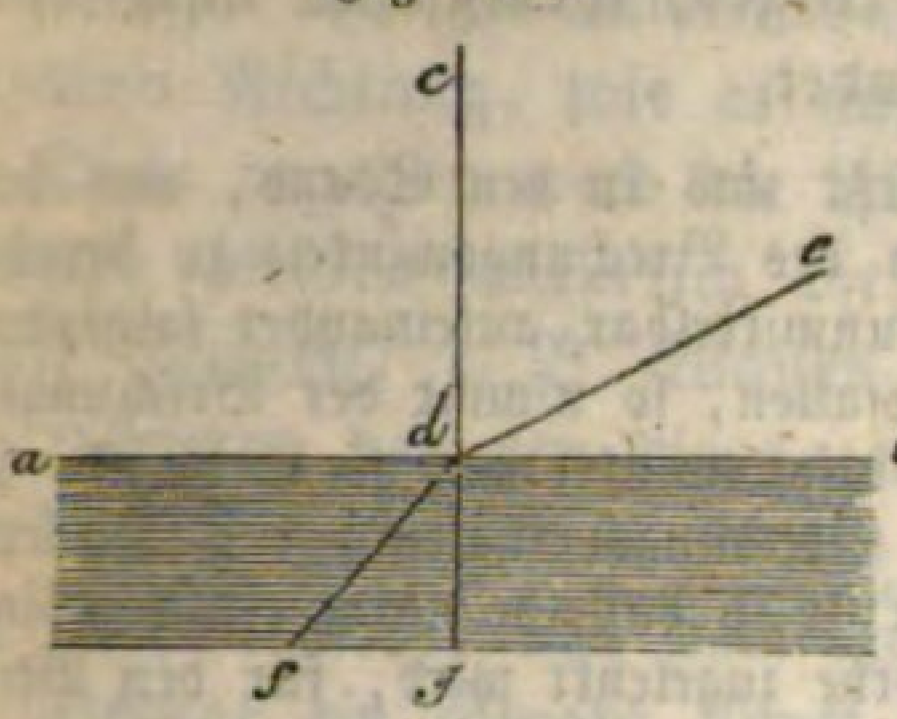
1020 Man nennt diejenige Ebene, welche durch das Einfallsloth cd und die Richtung des einfallenden Strahles ed, Fig. 101, beſtimmt wird, die Einfallsebene, diejenige dagegen, in welche die Verlängerung des Einfallslothes df und der gebrochene Strahl dg fallen, die Brechungsebene. Beide liegen aber immer in einer und derſelben Ebene, d. h. jeder Strahl, der in ein heterogenes Medium tritt, wird nur nach einer und nicht nach zwei Ebenen oder Richtungen zugleich abgelenkt.

Fig. 101.



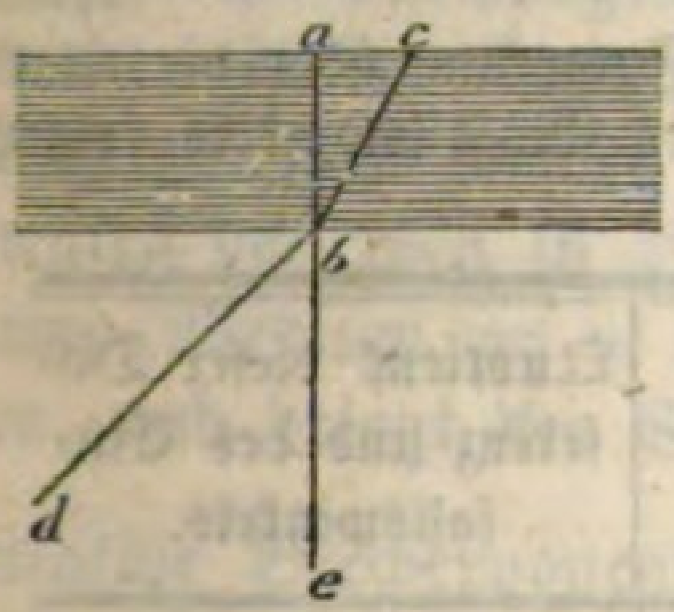
1021 Die Art der Brechung wird durch die Beſchaffenheit des Medium beſtimmt. Tritt nämlich ein Strahl cd, Fig. 102, aus dem leeren Raume in ein brechendes Medium oder aus einem dünneren in ein dichteres Mittel, ſo iſt immer der Brechungswinkel fdg kleiner als der Einfallswinkel cde. Man ſagt alsdann, daß das Licht dem Einfallslothe zugebrochen werde. Geht er dagegen

Fig. 102.



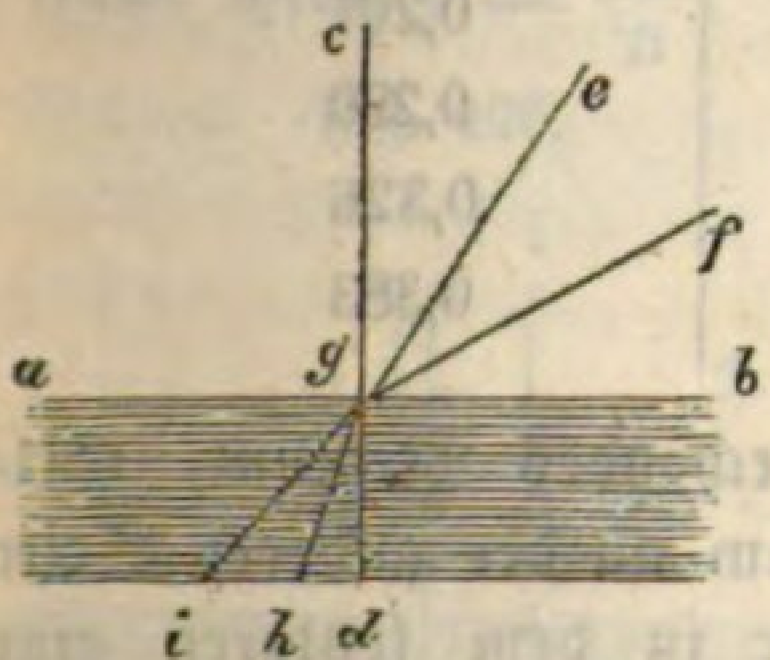
umgekehrt aus einem brechenden Körper in den leeren Raum, oder aus einem dichteren Medium in ein dünneres über, ſo übertrifft der Brechungswinkel dbe (Fig. 103) den Einfallswinkel abc an Größe, oder es wird dann der Strahl, wie man ſich ausdrückt, von dem Einfallslothe abgelenkt.

Fig. 103.



Ein anderes durchgreifendes Geſetz der 1022
Dioptrik beſteht darin, daß das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels, und umgekehrt, für zwei gleiche Medien durchaus daſſelbe bleibt, der Lichtſtrahl möge unter welcher ſchiefen Richtung er wolle eintreten. Wenn z. B. ab (Fig. 104) die geradlinigte Oberfläche eines Medium iſt, in welches die Strahlen eg und fg unter den Winkeln cge und cgf einfallen und hgd und igd die Brechungswinkel derſelben bilden, ſo verhält ſich sin. cge : sin. hgd = sin. cgf : sin. igd. Es iſt daher $\frac{\text{sin. cge}}{\text{sin. hgd}} = \frac{\text{sin. cgf}}{\text{sin. igd}}$, d. h. der Quotient des Sinus des Einfalls- und der des Brechungswinkels iſt für je zwei gleiche Medien bei allen ſchiefen Richtungen des eintretenden Strahles der gleiche. Dieſer Werth bildet daher einen conſtanten Ausdruck für die Brechkraft oder das Brechungsvermögen zweier Körper. Man nennt ihn deshalb auch den **Brechungsexponenten** oder ſelbſt geradezu das **Brechungsvermögen**. Um aber die Ueberſicht zu erleichtern, wird immer angenommen, daß der Lichtſtrahl aus der Atmoſphäre in einen anderen Körper übergehe. Man ſetzt dann den Werth der Atmoſphäre = 1 und drückt den Brechungsexponenten der flüſſigen und feſten Körper ſo aus, als wenn der Strahl aus der Luft in ſie überträte. Da alsdann der Brechungswinkel kleiner als der Einfallswinkel iſt, ſo erhält man, indem man den letzteren durch den erſteren dividirt, Zahlen, welche mehr als 1 betragen. Findet dagegen der Uebergang aus einem dichteren in ein dünneres Medium Statt, ſo muß natürlich dieſer Diviſionswerth kleiner als 1 ausfallen.

Fig. 104.



Die Dichtigkeit entſcheidet jedoch nur dann vollkommen für dieſe Ver- 1023
hältniſſe, wenn die beiden Körper, durch welche der Lichtſtrahl dringt, von derſelben oder ſehr nahe verwandter Zuſammenſetzung ſind. Iſt dieſes aber nicht der Fall, ſo läßt ſich ohne erfahrungsmäßige Prüfung kein Urtheil fällen, indem die Molecularbeſchaffenheit, wie man ſich ausdrückt, das Reſultat der Brechung beſtimmt. Auf dieſe Art kann z. B. ein feſter Körper das gleiche Brechungsvermögen wie ein flüſſiger haben. Wir werden in der Folge ſehen, daß dieſer Satz auch auf die Verhältniſſe der

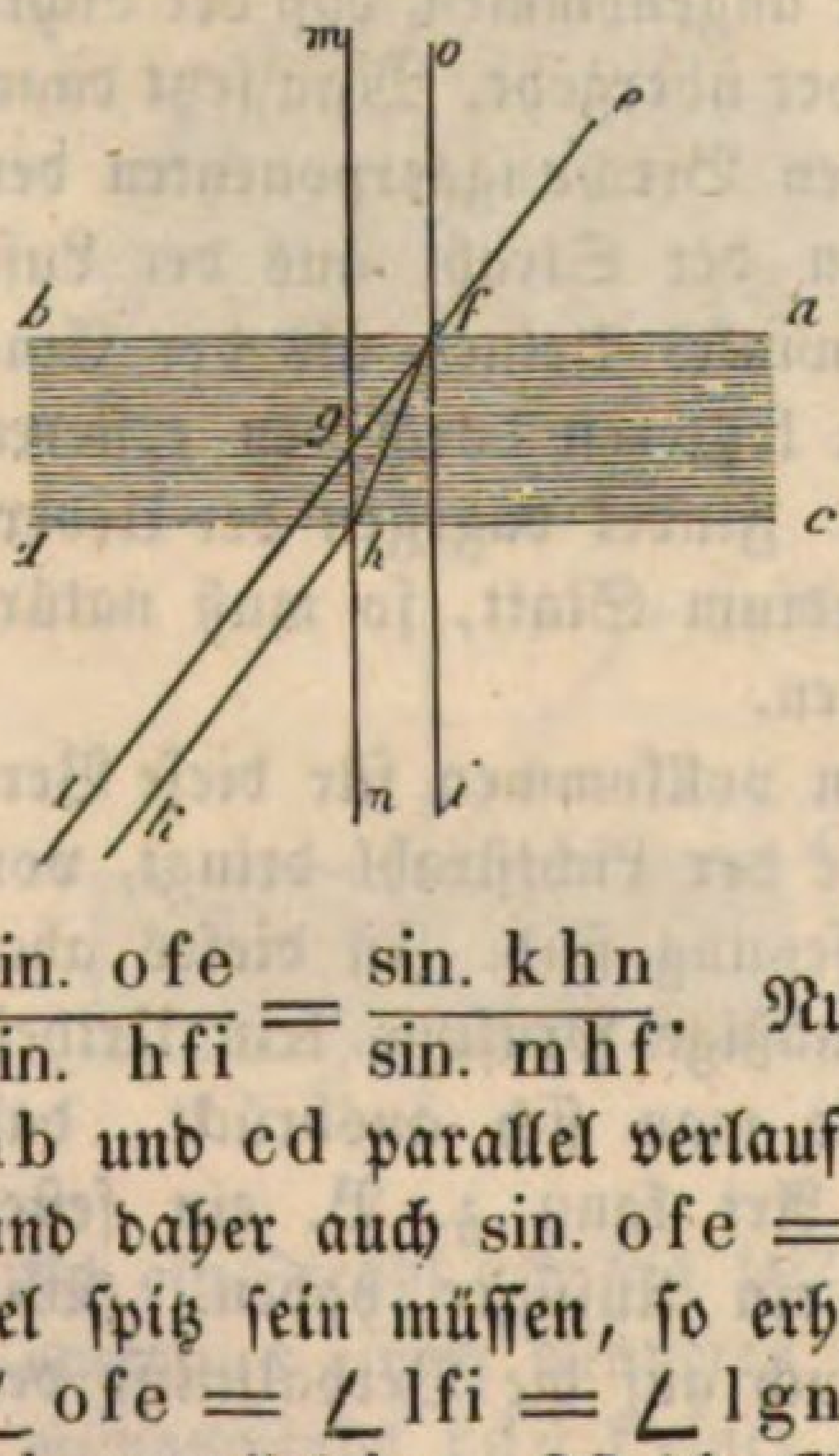
Hornhaut und der wäſſerigen Feuchtigkeit des Auges, wenigſtens nach den bisherigen Beobachtungen ſeine Anwendung findet.

Die Unveränderlichkeit des Brechungsexponenten ſetzt uns in den Stand, aus ſeinem Werthe und der Größe des Einfallswinkels den des Brechungswinkels zu berechnen. Da aber die Differenzen der einzelnen Sinus unmittelbar aufeinander folgender Winkel, je näher ſie 90° kommen, um ſo geringer ausfallen, ſo nimmt der Brechungswinkel zwar nicht abſolut, aber in Verhältniß zum Einfallswinkel um ſo mehr ab, je weniger dieſer von einem Rechten entfernt iſt. Das Brechungsverhältniß des Waſſers z. B. iſt 1,3358. Fällt nun ein Lichtſtrahl aus der Luft in daſſelbe unter einem Winkel φ ein, ſo haben wir, da er dann dem Einfallslothe zugelenkt wird, für den Brechungswinkel ψ die Proportion $1{,}3358 : 1 = \sin.\ \varphi : \sin.\ \psi$ und $\sin.\ \psi = \frac{\sin.\ \varphi}{1{,}3358}$. Hiernach ergeben ſich aber z. B. als Beſtätigung der obigen Folgerung über die relative Abnahme des Brechungswinkels mit zunehmender Größe des Einfallswinkels folgende Werthe:

Einfallswinkel.	Brechungswinkel.	Differenz des Einfalls- und Brechungswinkels.	Quotient dieſer Differenz und des Einfallswinkels.
15°	11° 10′ 19″	3° 49′ 41″	0,255
30°	21° 58′ 53″	8° 1′ 7″	0,267
45°	31° 57′ 42″	13° 2′ 8″	0,290
60°	40° 24′ 54″	19° 35′ 6″	0,326
75°	46° 18′ 41″	28° 41′ 19″	0,383

1024 Geht ein Lichtſtrahl durch ein heterogenes brechendes Medium, welches parallele Begrenzungsflächen hat, hindurch, um an der anderen Seite in das frühere Mittel einzutreten, ſo verfolgt er in dem letzteren eine Bahn, welche der Richtung des einfallenden Strahles parallel iſt. Geſetzt,

Fig. 105.



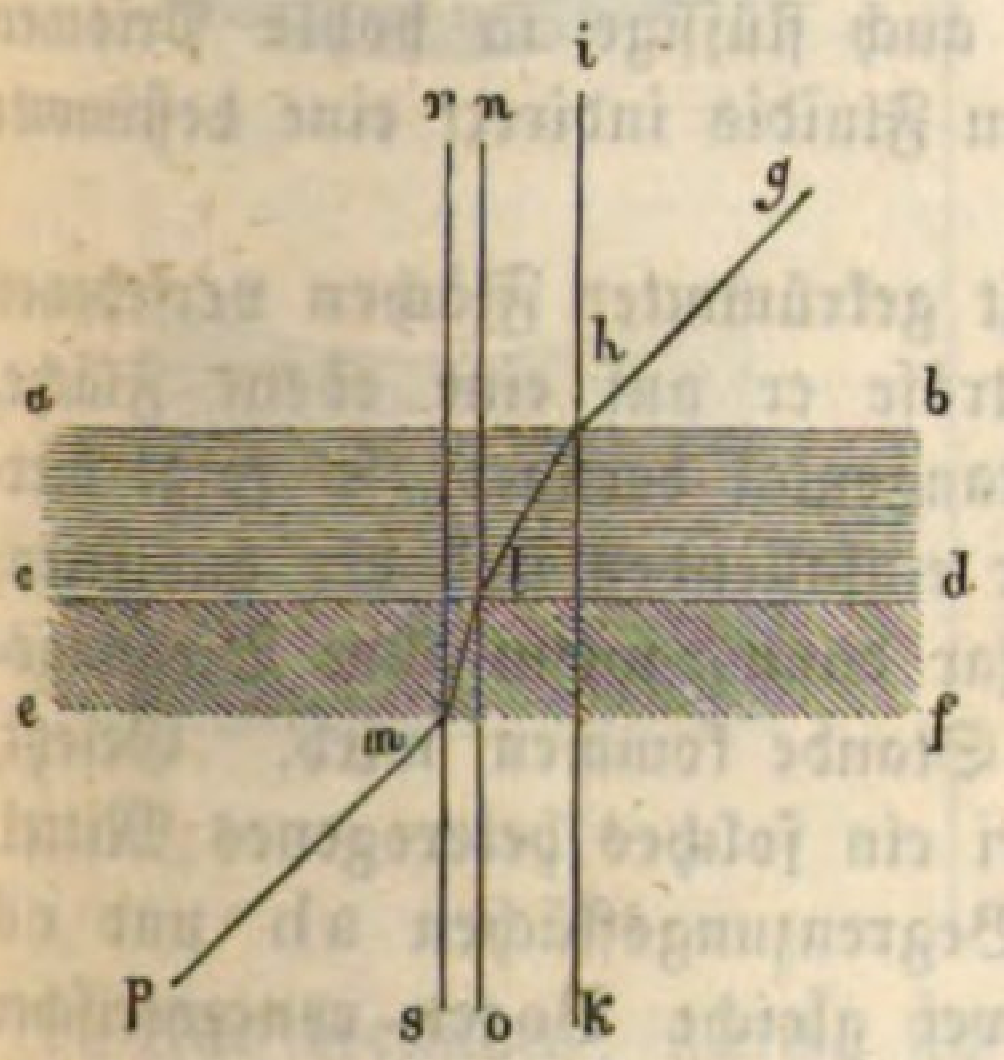
abcd ſei eine Glasplatte mit den einander parallelen Wänden ab und cd. Es falle ein Lichtſtrahl ef unter dem Winkel efo ein, ſo wird er z. B. in der Richtung fh dem Einfallslothe zu abgelenkt werden. Begiebt er ſich nun aber wieder aus dem Glaſe in die Luft, ſo muß er von Neuem und zwar von dem Einfallslothe mn hinweg gebrochen werden. Dieſe ſeine Bahn hk iſt der Verlängerung fl des einfallenden Strahles ef parallel. Denn bezeichnen wir mit n den Brechungsexponenten des Glaſes, ſo haben wir $n = \frac{\sin.\ ofe}{\sin.\ hfi} = \frac{\sin.\ khn}{\sin.\ mhf}$. Nun ſind auch die Einfallslothe oi und mn, da ab und cd parallel verlaufen, einander parallel, folglich $\angle\, hfi = \angle\, mhf$ und daher auch $\sin.\ ofe = \sin.\ khn$. Da aber die beiden letzteren Winkel ſpitz ſein müſſen, ſo erhalten wir auch $\angle\, ofe = \angle\, khn$. Nun iſt $\angle\, ofe = \angle\, lfi = \angle\, lgn$. Daher auch $\angle\, khn = \angle\, lgn$ und mithin kh parallel le. Iſt die Glasplatte nicht ſehr dick, ſo iſt die Ablenkung

ſo gering, daß ſie unmittelbar nicht in die Augen fällt und das Bild in derſelben Richtung, wie es aufgetreten, einzufallen ſcheint. Bei bedeutender Dicke dagegen wird die Ablenkung ſogleich wahrgenommen. Die Verhältniſſe bleiben natürlich dieſelben, wenn der Strahl durch mehrere parallele Medien, z. B. Waſſer und Glas hindurchtritt.

Weichen dagegen die gegenſeitigen Oberflächen des brechenden Medium von dem Parallelismus ab, ſo muß auch der austretende Strahl, wie ſich von ſelbſt ergiebt, von dem eintretenden in ſeiner Neigung differiren.

Dringt ein Strahl durch zwei Medien, welche parallele Oberflächen 1025
aber ungleiche Brechungsexponenten beſitzen, z. B. von der Luft aus durch, um wieder in die Atmoſphäre zu verlaufen, ſo können wir die relative Brechbarkeit jener beiden heterogenen Mittel finden, wenn wir die Brechexponenten derſelben in Verhältniß zur Luft kennen. Iſt dieſer = n für das eine Medium = a kleiner, der andere = m für das zweite = b größer, und dringt der Strahl zuerſt in a und dann in b ein, ſo gleicht der relative Brechexponent von a zu b $= r = \frac{n}{m}$. In dem umgekehrten Falle wird $r = \frac{m}{n}$. abcd iſt das eine Medium mit dem ſchwächern

Fig. 106.



Brechungsexponenten = n, cdef das zweite mit dem ſtärkeren = m. ab, cd und ef ſind einander parallel. Fällt nun ein Lichtſtrahl gh ein und bildet ik das Einfallsloth, ſo wird er nach hl abgelenkt. Es iſt dann $\frac{\sin. ihg}{\sin. lhk} = n$. Tritt hierauf hl in das zweite Medium cdfe, ſo geht er in lm fort. Bildet no das entſprechende Einfallsloth, ſo haben wir $\frac{\sin. nlh}{\sin. mlo} = r$. Gelangt jener endlich in die Luft, ſo daß er die Bahn mp einſchlägt und ſtellt rs das entſprechende Einfallsloth dar, ſo erhalten wir $\frac{\sin. pms}{\sin. rml} = m$, und daher $\frac{\sin. rml}{\sin. pms} = \frac{1}{m}$. Wir haben daher sin. ihg = n. sin. lhk und sin. pms = m. sin. rml. Da nun ab parallel cd und ef, ſo iſt $\angle$ ihg = $\angle$ pms. Folglich auch n. sin. lhk = m. sin. rml. Nun ſind auch die Einfallslothe ik, no und rs einander parallel. Mithin $\angle$ lhk = $\angle$ nlh und $\angle$ rml = $\angle$ mlo. Daher n. sin. nlh = m. sin. mlo und $\frac{\sin. nlh}{\sin. mlo} = \frac{m}{n}$. Nun bildet $\frac{\sin. nlh}{\sin. mlo}$ den relativen Brechexponenten. Mithin $r = \frac{m}{n}$. Für den umgekehrten Gang der Strahlen dagegen wird $r = \frac{n}{m}$.

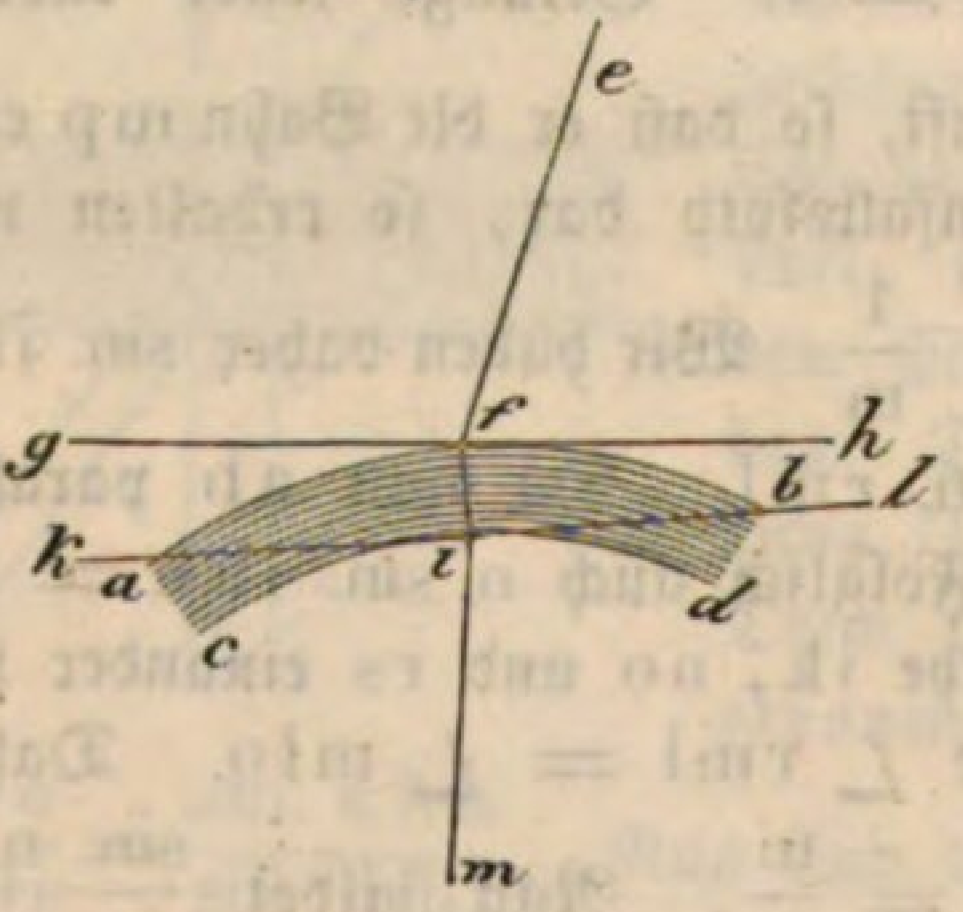
Denken wir uns z. B. abdc ſei Waſſer, cdfe dagegen Flintglas, welches zwei Theile Blei auf einen Theil Kieſel enthält, ſo haben wir für den Brechexponenten des erſteren in Verhältniß zur Luft = n = 1,3358 und für den des letzteren = m = 1,830. Geht daher der Strahl aus dem Waſſer in das Flintglas, ſo beträgt der relative Fractionsexponent $\frac{1,830}{1,3358} = 1,370$; bei umgekehrter Bahn dagegen $\frac{1,3358}{1,830} = 0,730$.

1026 Aus den eben erörterten Geſetzen ergiebt ſich von ſelbſt, daß der gebrochene Strahl, wenn er ein Medium mit geradlinigten, aber gegen einander geneigten Begrenzungsflächen durchſetzt, dem einfallenden Strahle nicht mehr parallel gehen kann, ſobald er von Neuem in das frühere Mittel, nämlich die Luft zurückkehrt. Wir haben daher dieſen Fall bei allen *Prismen*. Denken wir uns ein ſolches in ſeinem ſenkrechten Durchſchnitte, ſo bilden z. B. ab und bc die beiden gegen einander geneigten Flächen, durch welche der Strahl hindurchtritt. Der Winkel abc, unter welchem ſie zuſammenſtoßen, heißt der *brechende Winkel*, die Seite ac, welche ihm gegenüberliegt, die *Baſis des Prisma*. Iſt der brechende Winkel des letzteren conſtant, ſo läßt ſich aus dem Minimum der Ablenkung, welches ein Strahl bei ſeinem Durchgange durch das Prisma erfährt, der Brechungsexponent der Subſtanz des letzteren beſtimmen. Man verfertigt daher nicht bloß Prismen aus feſten Körpern, ſondern ſchließt auch flüſſige in hohle Prismen mit parallelen Seitenwänden ein, um dieſen Fluidis indirect eine beſtimmte prismatiſche Geſtalt zu verleihen.

Fig. 107.

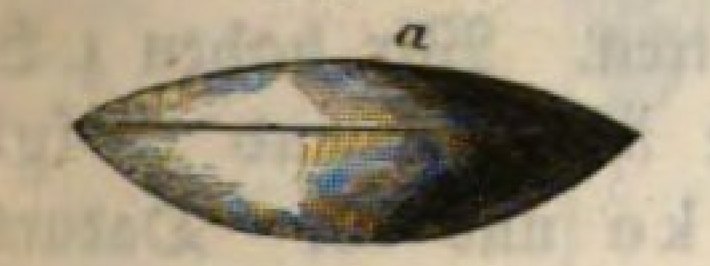
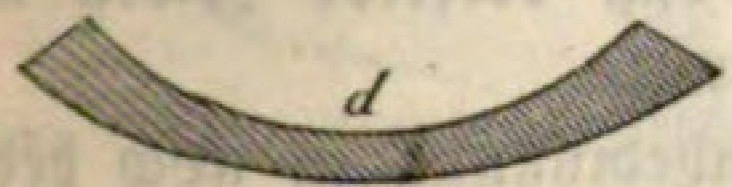
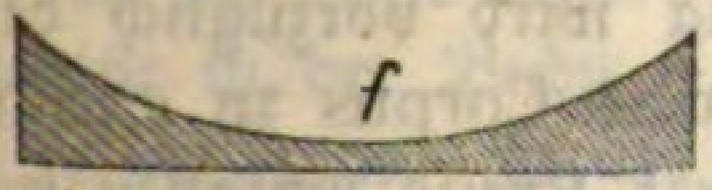
1027 Da ſich jeder Strahl, welcher ein mit gekrümmten Flächen verſehenes Mittel durchſetzt, eben ſo verhält, als träfe er auf eine ebene Fläche, welche die Curve in dem Einfallspunkte tangental berührt, ſo folgt hieraus von ſelbſt, daß der Parallelismus der einfallenden und der austretenden Strahlen bei gekrümmten Medien ſogar dann, wenn ihre Biegungslinien concentriſch verlaufen, ſeltener zu Stande kommen wird. Geſetzt, abdc ſei ein ſolches heterogenes Mittel. Seine Begrenzungsflächen ab und cd bilden zwei gleiche Bogen concentriſcher Kreiſe mit ungleichen Radien und gingen daher parallel. Ein Strahl ef, welcher in dem Punkte f einfällt, hat die Tangente gh zur idealen Ebene. Wird er aber in fi gebrochen, ſo iſt ſeine Austrittsebene kl. Da nun aber gh und kl nicht parallel ſind, ſo können auch der einfallende Strahl ef und im keinen Parallelismus darbieten. Etwas der Art vermag nur in denjenigen Einzelfällen, in welchen die Krümmungen ungleich ſind und verſchiedene Punkte derſelben durch die Art der Brechung compenſirt werden, Statt zu finden.

Fig. 108.



1028 Mit dem Namen der Linſen bezeichnet man diejenigen feſten oder flüſſigen Brechungsmedien, welche eine oder zwei gekrümmte Oberflächen

beſitzen. Dieſe bilden in der Regel bei den zu optiſchen Zwecken verfertigten Abſchnitte von Kugelflächen. Die Combinationen aber, welche auf dieſe Art zu Stande kommen, ſind in folgender Tabelle enthalten.

Form der Linſe.	Ebenen der Oberflächen.	Benennung der Linſe.
Fig. 109. 	a. Beide Flächen convex.	biconvex oder convex-convex.
	b. Die eine convex, die andere plan.	planconvex.
	c. Die eine convex, die andere concav, doch ſo, daß die Krümmung der Convexität größer und ihr Radius kleiner, als der der Concavität iſt.	convex-concav oder ſammelnder Meniscus.
	d. Wie in dem vorigen Falle, nur daß die Krümmung der Concavität die größere iſt.	concav-convex oder zerſtreuender Meniscus.
	e. Beide Flächen concav.	concav-concav.
	f. Die eine Fläche concav, die andere eben.	plan-concav.

Aus Gründen, welche ſich in der Folge ergeben werden, heißen die drei erſten Arten von Combinationen Sammel-, die drei letzten dagegen Zerſtreuungslinſen.

Fig. 110.

Die Achſe einer Linſe iſt diejenige gerade Linie, 1029
welche die beiden Mittelpunkte a und b ihrer beiden Krümmungsbogen cde und cfe mit einander vereinigt. Sie bildet bei planconvexen oder planconcaven Gläſern die aus dem einen vorhandenen Krümmungscentrum nach der Mitte der geraden Fläche gefällte Senkrechte. Derjenige Punkt g der Linie ab, welcher in der Mitte der Linſe liegt, heißt der optiſche Mittelpunkt derſelben. Sie iſt centrirt, wenn alle Theile ähnlich und ſymmetriſch um die Achſe derſelben liegen.

Ein Lichtſtrahl, welcher genau in der Achſe einer Linſe verläuft, heißt

ein Achſenſtrahl. Unter der Benennung der centralen Strahlen dagegen verſteht man diejenigen, welche mit dem Achſenſtrahle oder den beiderſeitigen Verlängerungen der Achſe verhältnißmäßig ſehr kleine Winkel bilden.

1030 Die praktiſche Optik bedient ſich, um möglichſt viele centrale Strahlen durch eine Linſe, vorzüglich eine Sammellinſe hindurchgehen zu laſſen, zweierlei Verhältniſſe. 1) Wählt ſie Krümmungsoberflächen mit verhaltnißmäßig ſehr großen Radien und relativ kleinen Bogenabſchnitten. Wir haben z. B. die beiden Kreiſe abcde und defgh mit den Radien ke und ie. Dadurch aber, daß die Bogenabſchuitte eld und emd klein und flach ſind, erhält die biconvexe Linſe eldm eine geringe Dicke, ſo daß alle Strahlen, welche auf ſie auffallen, nur relativ kleine Winkel mit dem Achſenſtrahle ki bilden. Bei planconvexen Gläſern ſchneidet die Sehne ab nur einen kleinen Bogen bda des großen Kreiſes adbf von dem Radius cb ab, ſo daß derſelbe Zweck wie in dem vorigen Falle erreicht wird.

Fig. 111.

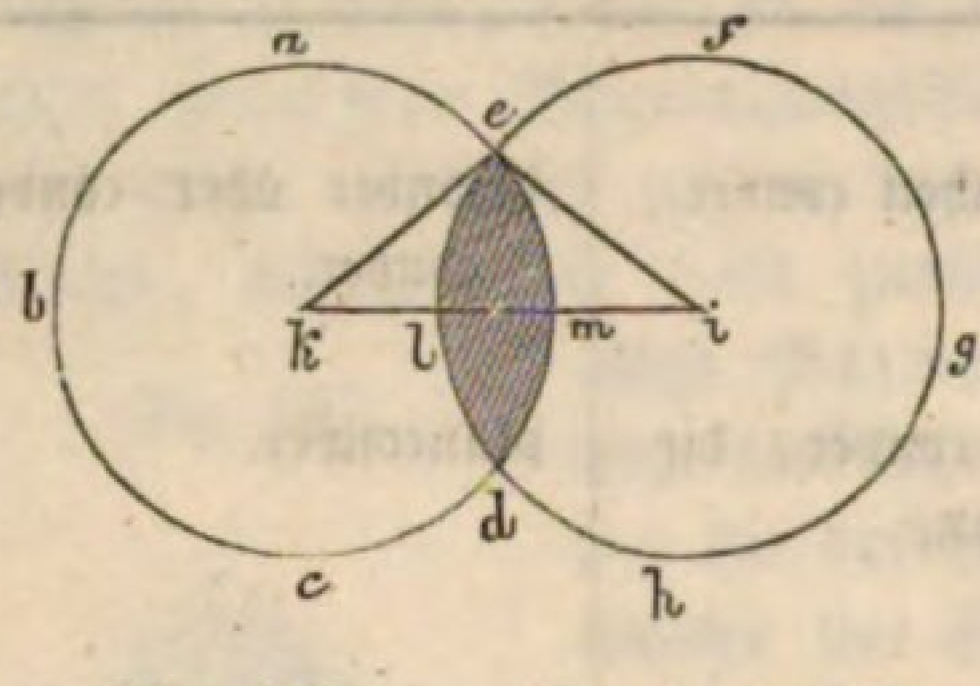
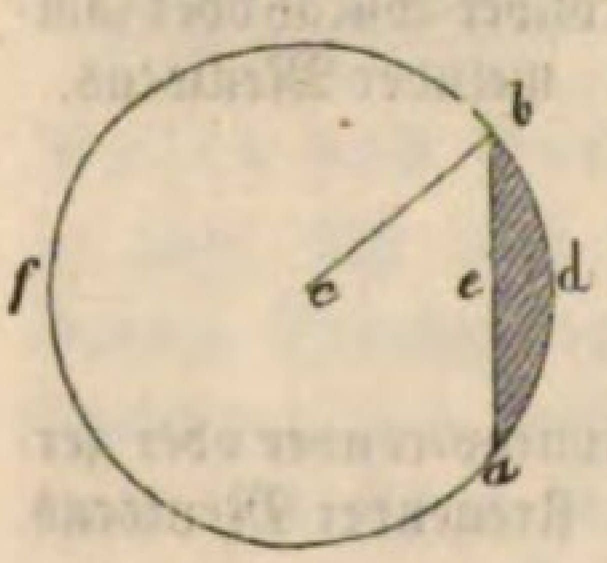
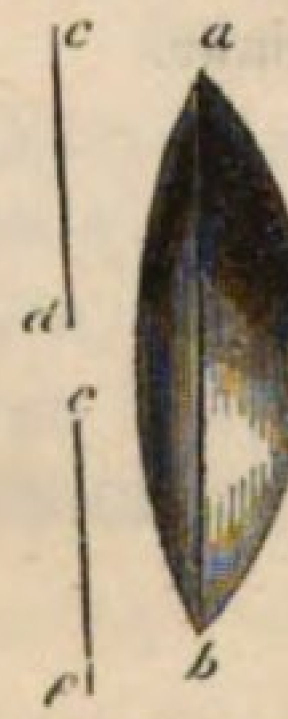


Fig. 112



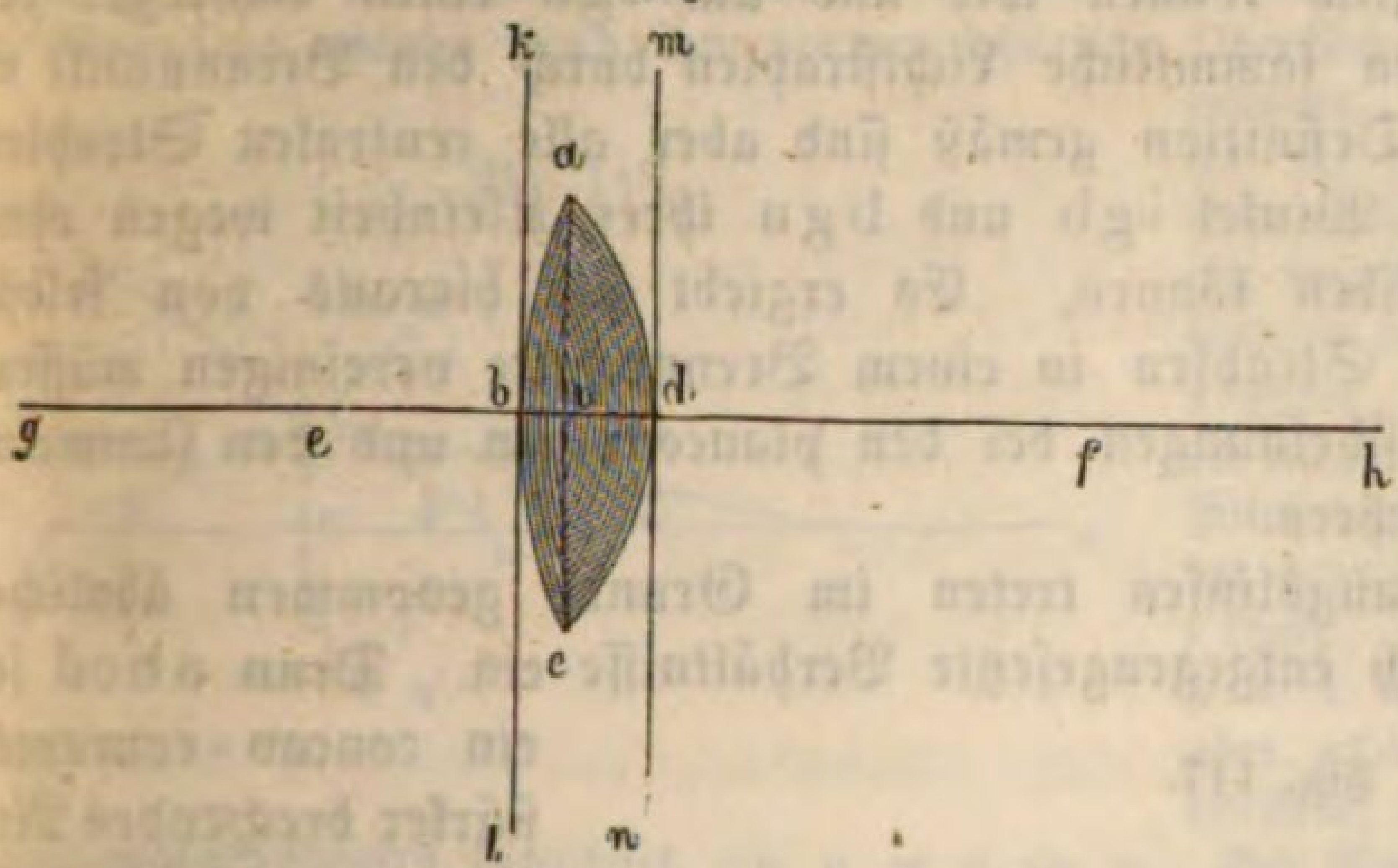
2) Soll jedoch jene Nebenbedingung in noch höherem Maaße erzielt und auf dieſe Art ein ſchärferes Bild gewonnen werden, ſo bringt man vor der Linſe ab ein ſogenanntes Diaphragma an. Dieſes beſteht aus einer undurchſichtigen ſchwarzen Subſtanz und bildet eine Scheidewand cdef, welche der Mitte der Linſe entſprechend eine Oeffnung de beſitzt. Ein ſolches Diaphragma wird vorzüglich dann nöthig, wenn die Linſe, um nur etwas Corpus zu erhalten, ausgedehntere Bogenabſchnitte größerer Kreiſe umfaſſen muß. Dieſe Art der Verfertigung von Linſen gewährt noch den Vortheil, daß die Dicke derſelben bei der Berechnung der an ihnen zu beobachtenden Erſcheinungen ohne weſentlichen Fehler außer Acht gelaſſen werden kann. Beiderlei Einrichtungen kehren, wie wir ſehen werden, in dem menſchlichen Auge wieder.

Fig. 113.



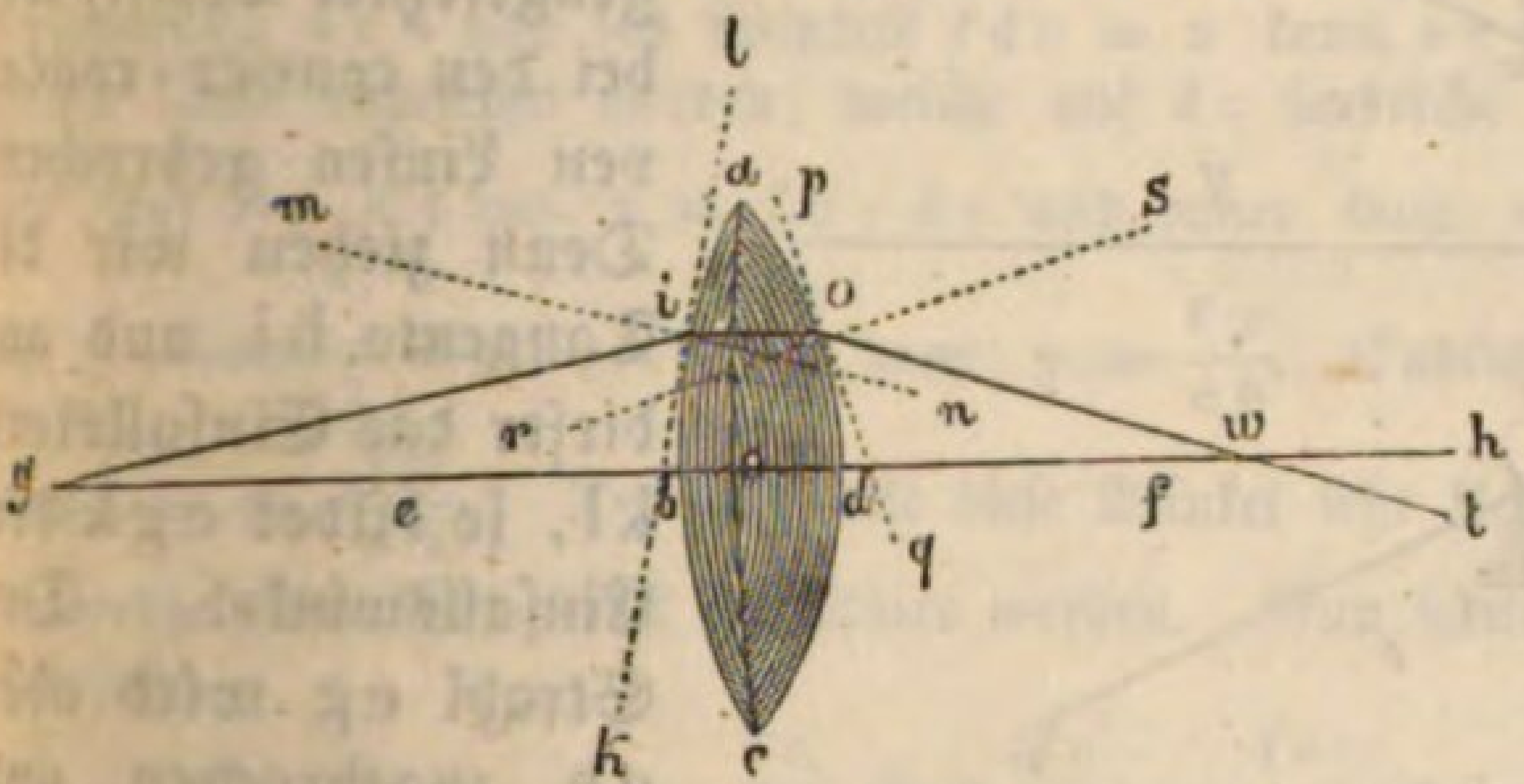
1031 Alle centralen Strahlen, welche von einem in der Achſe einer Sammellinſe befindlichen leuchtenden Punkte ausgehen und wiederum durch das brechende ſphäriſche Medium hindurchtreten, um in das frühere Mittel zu gelangen, werden ſo abgelenkt, daß ſie ſich ſpäter in demſelben Punkte vereinigen. Man nennt dieſen Vereinigungspunkt den *Brennpunkt* und den Abſtand deſſelben von dem optiſchen Mittelpunkte die *Vereinigungs-* oder *Brennweite* der Linſe. Nehmen wir an, abcd, Fig. 114, ſei der ſenkrechte Durchſchnitt eines biconvexen brechenden ſphäriſchen Mittels, e der Mittelpunkt der einen Krümmung adc und f das Centrum der anderen abc, ſo wird gh die Achſe und i den optiſchen Mittelpunkt darſtellen. Kommt nun ein Lichtſtrahl von g aus auf abc in der Richtung gb, ſo muß er ungebrochen durchgehen. Denn ziehen wir in b und d die Tangenten

Fig. 114.



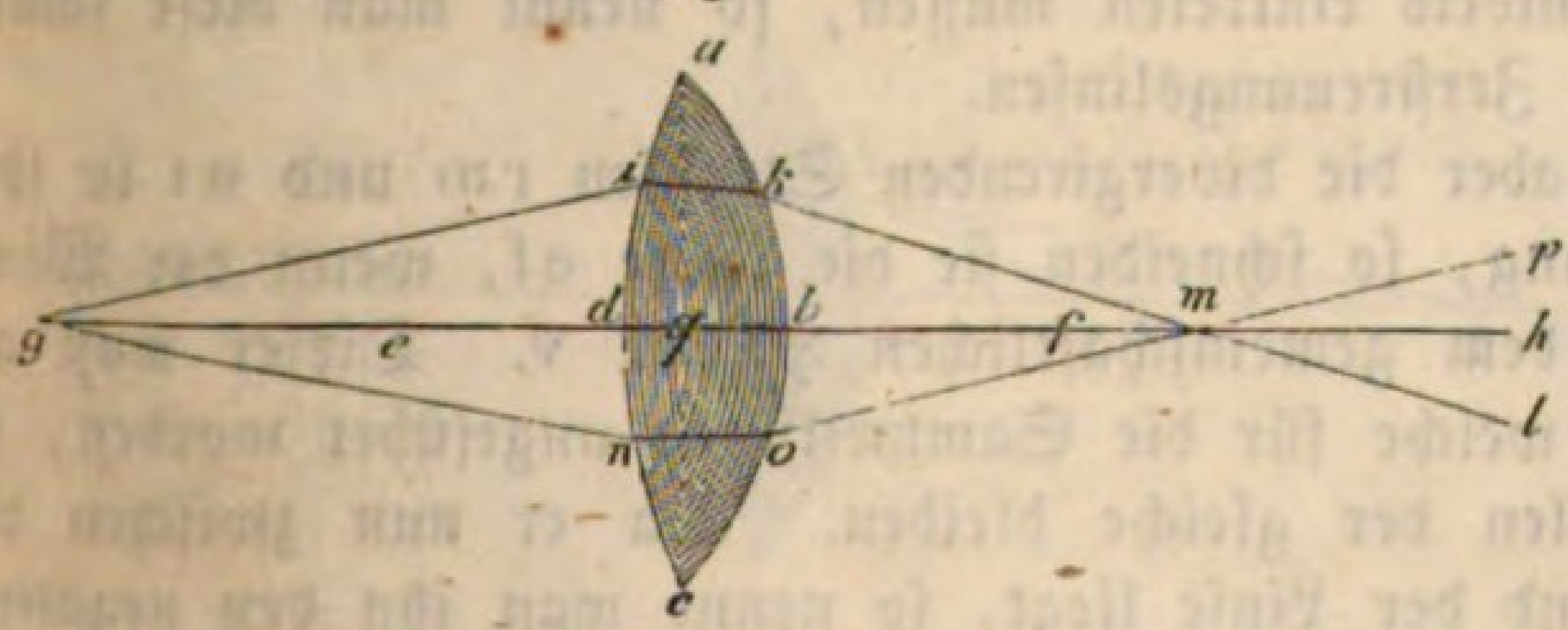
kl und mn, ſo haben wir, da b und d die einzigen gleichen und correſpondirenden Punkte der Krümmungsbogen abc und adc ſind, kl parallel mn und gbk = gbl = ndh = hdm = 90°. Der Lichtſtrahl gb geht daher in dem Wege idfh fort, d. h. der Achſenſtrahl durchſetzt die Linſe, ohne im geringſten abgelenkt zu werden.

Fig. 115.



Geſetzt, es fiele aber 1032
der Strahl in der Richtung gi ein, ſo daß der Winkel igb verhältnißmäßig ſehr klein iſt, ſo ziehen wir die Tangente kl und errichten auf ihr das Einfallsloth mn. Wir haben dann den Einfallswinkel gim des Strahles gi. Dieſer wird daher, da die Linſe abcd ſtärker bricht, dem Einfallslothe mn zugelenkt und geht in der Bahn io durch. Ziehen wir auch hier die Tangente pq und errichten auf ihr die Senkrechte rs, ſo wird der Lichtſtrahl io, indem er bei o aus einem ſtärker brechenden Medium abcd in das frühere ſchwächer brechende tritt, von dem Einfallslothe os abgelenkt und in der Richtung ot fortgeführt, d. h. er wird bei o noch mehr in derſelben Richtung fortgebrochen, die er ſchon bei dem Uebergange von gi in io erhalten hatte. Seine Bahn ot wird die Fortſetzung der Achſe gh in w ſchneiden.

Fig. 116.

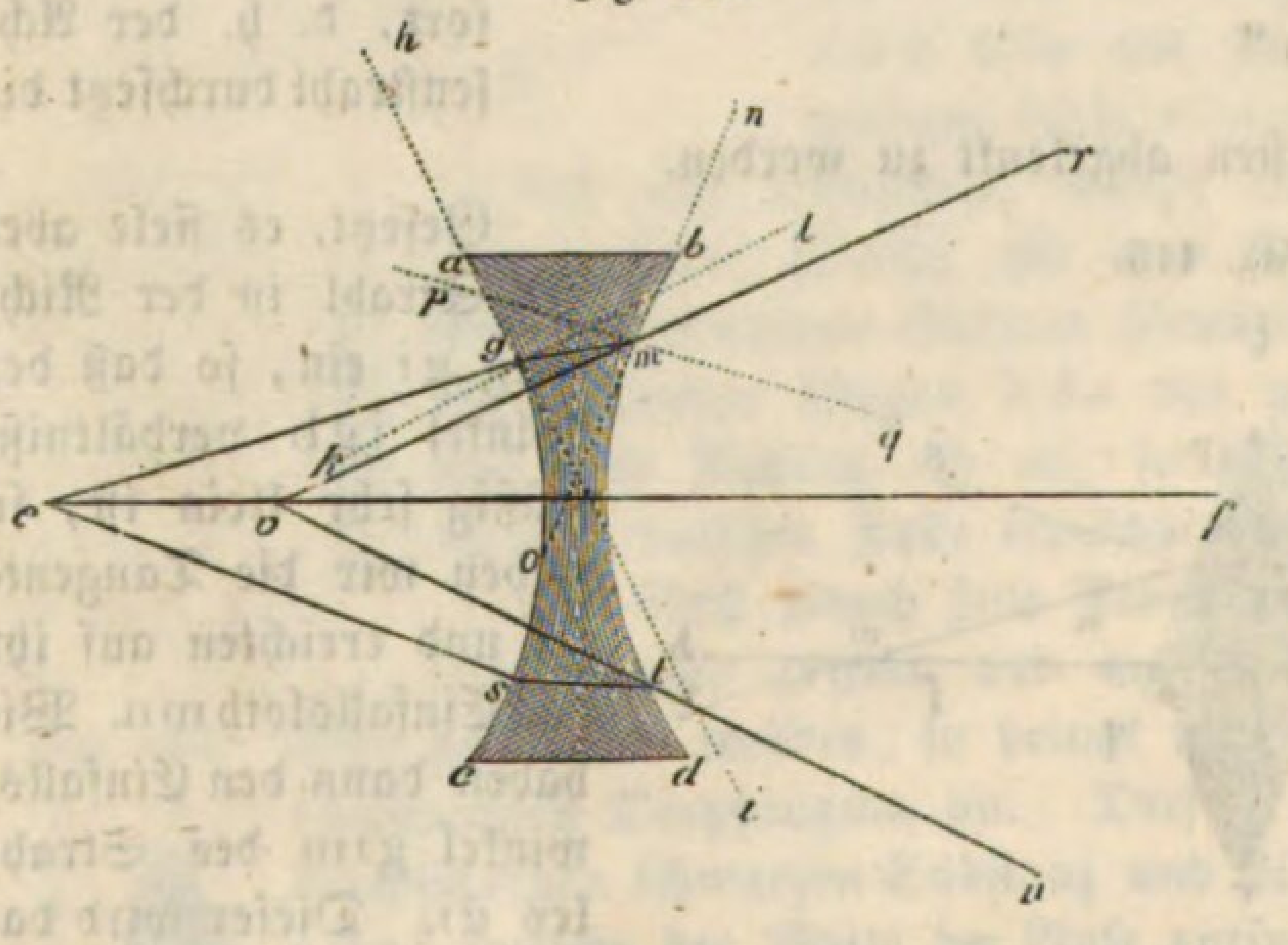


Geht nun aber ein Strahl gi in der Richtung gikml Fig. 116 fort, ſo wird ein zweiter gn, der unter dem gleichen Achſenwinkel (dgn = dgi), aber auf der anderen Seite einfällt, die gerade entgegengeſetzte Bahn gnomp beſchreiben. Da alle Verhältniſſe die gleichen ſind, ſo müſſen die Dreiecke kbm und mbo congruent ſein und die Durchſchneidung der beiden gebrochenen Strahlen kl und op und der Achſe gh

in denſelben Brennpunkt fallen. Nun ſind aber die Flächen abc und adc Kugelabſchnitte. Folglich können wir uns um ign einen Lichtkegel beſchrieben denken, deſſen ſämmtliche Lichtſtrahlen durch den Brennpunkt m hindurchgehen. Der Definition gemäß ſind aber alle centralen Strahlen ſo beſchaffen, daß die Winkel igb und bgn ihrer Kleinheit wegen ohne Fehler unbeachtet bleiben können. Es ergiebt ſich hieraus von ſelbſt, daß ſich alle centralen Strahlen in einem Brennpunkte vereinigen müſſen, und auch ähnliche Erſcheinungen bei den planconvexen und den ſammelnden Meniscis wiederkehren.

1033 Für die Zerſtreuungslinſen treten im Grunde genommen ähnliche, aber der Richtung nach entgegengeſetzte Verhältniſſe ein. Denn abcd ſei ein concav-concaves, ſtärker brechendes Medium und ef die Achſe deſſelben, ſo wird ein Strahl eg in entgegengeſetzter Weiſe, wie bei den convex-concaven Linſen gebrochen. Denn ziehen wir die Tangente hi und auf dieſer das Einfallsloth kl, ſo bildet egk den Einfallswinkel. Der Strahl eg wird aber ge zugebrochen und entfernt ſich, indem er

Fig. 117.

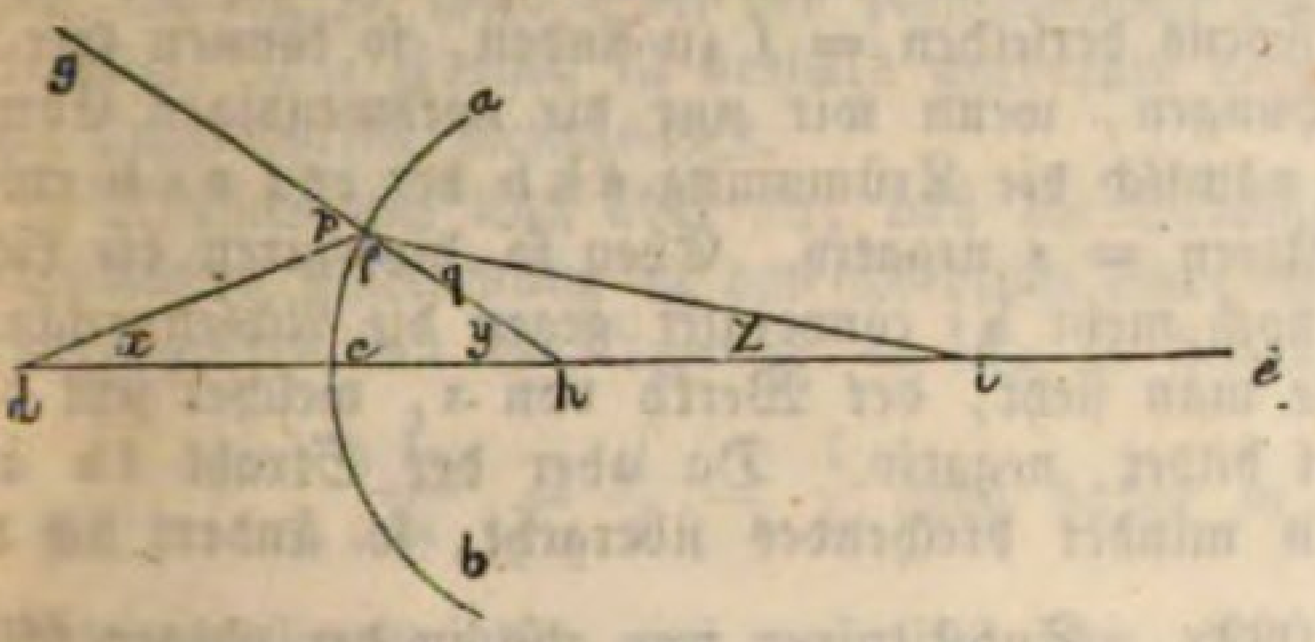


in gm verläuft, von der Achſe ef. Verläßt er dann wieder die Linſe bei m, ſo bildet no die Tangente und pq das Einfallsloth. Er geht daher von der letzteren und mithin ebenfalls, indem er ſich in mr fortſetzt, von der Achſe ef ab. Auf gleiche Weiſe muß ein Strahl es in der Richtung estu dahinlaufen, d. h. die Strahlen, welche durch eine concav-concave Linſe gegangen ſind, vereinigen ſich nicht in einem Punkte der Achſe, wie bei den Sammellinſen, ſondern divergiren immer mehr von ihr oder zerſtreuen ſich. Da nun ähnliche Folgen bei den planconcaven Gläſern und den zerſtreuenden Meniscis eintreten müſſen, ſo nennt man dieſe ſämmtlichen Combinationen Zerſtreuungslinſen.

Verlängern wir aber die divergirenden Strahlen rm und ut in ihrer convergirenden Richtung, ſo ſchneiden ſie die Achſe ef, wenn der Winkel gef = fes iſt, in dem gemeinſchaftlichen Punkte v. Dieſer muß aus denſelben Gründen, welche für die Sammellinſen angeführt worden, für alle centralen Strahlen der gleiche bleiben. Da er nun zwiſchen dem leuchtenden Punkte und der Linſe liegt, ſo nennt man ihn den negativen Brennpunkt. Während ſich der Vereinigungspunkt der Sammellinſen hinter dem brechenden Medium befindet, liegt er bei den Zerſtreuungslinſen vor demſelben.

Um nun die für die Brennweiten dieſer verſchiedenen Linſen gültigen Formeln herzuleiten, wollen wir uns zunächſt wieder an die biconvexen halten und zuvörderſt bloß die Vorgänge, welche durch ihre vordere ſphäriſche Oberfläche zu Stande kommen, betrachten. acb ſei ihre vordere Seite, de die verlängerte Achſe, df der centrale Strahl, welcher jedoch nicht mit dem Achſenſtrahle zuſammenfällt, ſondern den kleinen Winkel fdc = x bildet, gh das Einfallsloth, das die Achſenverlängerung de unter dem Winkel ghd = y ſchneidet, und gi der gebrochene Strahl, der dieſe in i trifft. Nun iſt der äußere Winkel $p = x + y$ und $y = q + z$. Da aber gfd = p den Einfallswinkel darſtellt, ſo haben wir, wenn n den Brechungsexponenten bezeichnet, $\sin. p = n . \sin. q$. Der Natur der centralen Strahlen entſprechend iſt der Winkel p und mithin auch q ſehr klein. Unter dieſen Verhältniſſen können ſie ſelbſt ohne erheblichen Fehler ſtatt ihrer Sinus ſubſtituirt werden. Wir haben mithin $p = nq$. Daher $nq = x + y$; da aber $q = y - z$ iſt, ſo ergiebt ſich $n(y - z) = x + y$ und daher $x + nz = y(n - 1)$. Bei der Kleinheit der Krümmung acb und des Winkels fdc = x kann ac ohne erheblichen Fehler als eine gerade Linie angeſehen werden, welche auf dc ſenkrecht ſteht. In dieſem Falle haben wir aber $\sin. x : \cos. x = fc : dc$ und daher $\text{tang.}\ x = \frac{fc}{dc}$. Eben ſo iſt dann $\sin. y : \cos. y = fc : ch$ und $\text{tang.}\ y = \frac{fc}{ch}$. Endlich $\sin. z : \cos. z = fc : ci$ und $\text{tang.}\ z = \frac{fc}{ci}$. Da aber alle dieſe Winkel ſehr klein ſind, ſo können ihre Tangentenwerthe ſtatt ihrer ſelbſt ſubſtituirt werden. Nun hatten wir $x + nz = y(n - 1)$. Folglich

Fig. 118.



$$\frac{fc}{dc} + n\frac{fc}{ci} = \frac{fc}{ch}(n - 1).$$

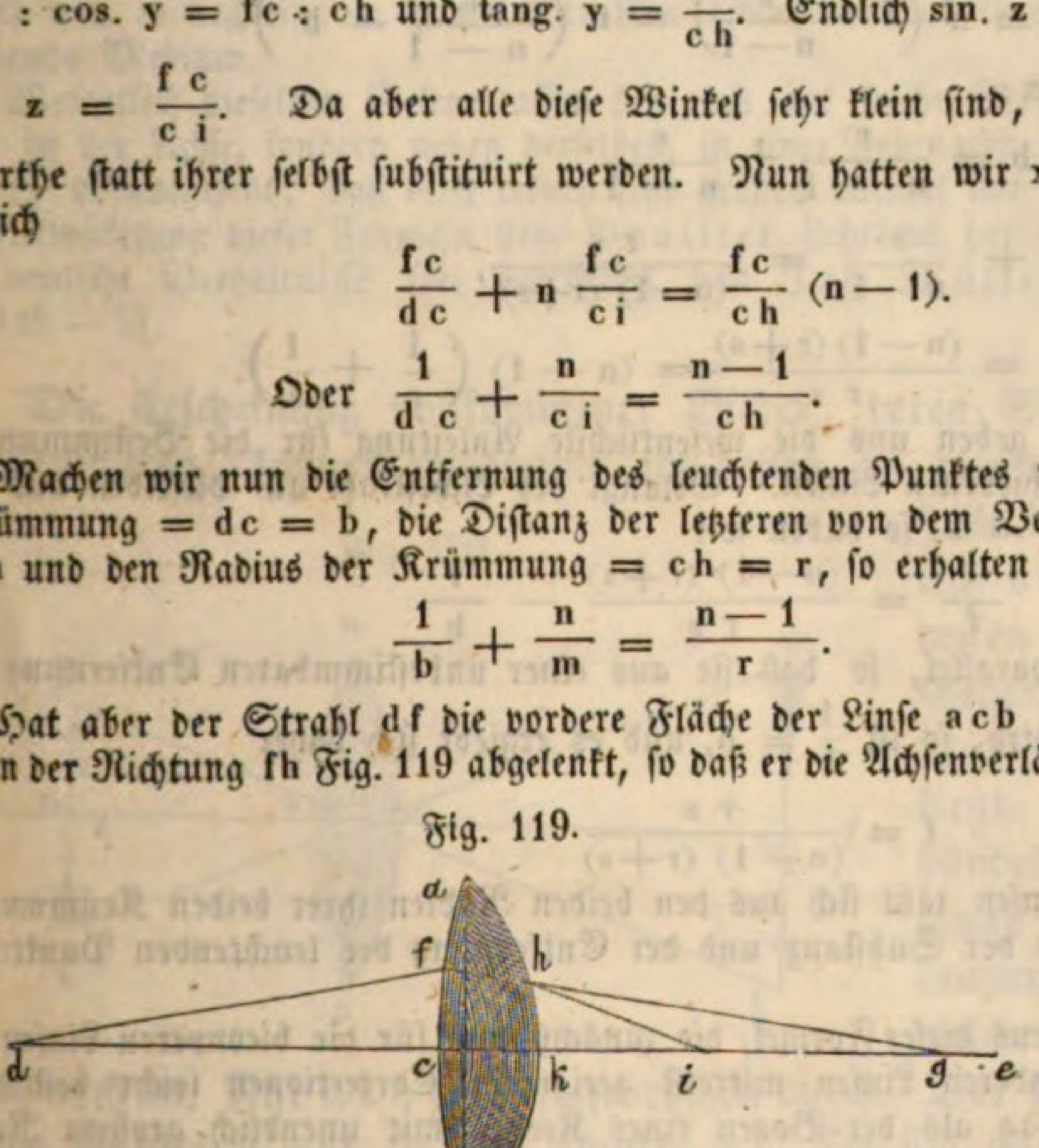
$$\text{Oder}\quad \frac{1}{dc} + \frac{n}{ci} = \frac{n - 1}{ch}.$$

Machen wir nun die Entfernung des leuchtenden Punktes von der Mitte der Linſenkrümmung = dc = b, die Diſtanz der letzteren von dem Vereinigungspunkte = ci = m und den Radius der Krümmung = ch = r, ſo erhalten wir

$$\frac{1}{b} + \frac{n}{m} = \frac{n - 1}{r}.$$

Hat aber der Strahl df die vordere Fläche der Linſe acb durchſetzt und wurde er hier in der Richtung fh Fig. 119 abgelenkt, ſo daß er die Achſenverlängerung de, wenn keine fernere Abweichung Statt fände, in g ſchneiden würde, ſo erleidet er jetzt, indem er bei h aus dem ſtärker brechenden Medium hervortritt, eine neue Fraction. Dieſe letztere verſtärkt, wie wir (§. 1032) geſehen haben, die Convergenz, ſo daß nun der Strahl hi die Achſenverlängerung de in einem zwiſchen k und g gelegenen Punkte i durchſchneidet. Bezeichnen wir aber die Entfernung des früheren Durchſchnittspunktes g von der Linſe mit x, ſo haben wir nach der zuletzt erwähnten Gleichung

Fig. 119.



$$\frac{1}{b} + \frac{n}{x} = \frac{n-1}{r}$$ und daher angenommen:

$$x = n\left(\frac{r}{n-1} - b\right).$$

Berückſichtigen wir nun die hintere Fläche akb allein, um den Abſtand des Punktes i von der Linſe oder den wahren Focus derſelben = f zu finden, ſo können wir die Berechnung nach denſelben Grundgleichungen, wenn wir nur die nothwendigen Correctionen vornehmen, durchführen. Da nämlich die Krümmung akb der von acb entgegengeſetzt iſt, wird der Radius der erſteren = s negativ. Eben ſo divergiren die Lichtſtrahlen nicht mehr, ſondern fh und noch mehr hi convergirt gegen die Achſenverlängerung de. Auch hier wird daher, wie man ſieht, der Werth von x, welcher jetzt das Aequivalent von b der erſteren Formel bildet, negativ. Da aber der Strahl fh aus dem ſtärker brechenden Medium in ein minder brechendes übergeht, ſo ändert ſich der Fractionsexponent n in $\frac{1}{n}$ um (§. 1022). Subſtituiren wir alſo in der obigen Gleichung ſtatt $+\frac{1}{b}$, $-\frac{1}{x}$, ſtatt $+r$, $-s$ und ſtatt n, $\frac{1}{n}$, und bezeichnen den Brennpunkt ſtatt durch m mit f, ſo erhalten wir

$$-\frac{1}{x} + \frac{\frac{1}{n}}{f} = -\left(\frac{\frac{1}{n}-1}{s}\right)$$

$$\text{oder } -\frac{1}{x} + \frac{1}{nf} = -\frac{1-n}{ns}.$$

Hieraus folgt dem Obigen entſprechend:

$$x = n\left(f - \frac{s}{n-1}\right) = n\left(\frac{r}{n-1} - b\right).$$

Daher angenommen:

$$f + b = \frac{r}{n-1} + \frac{s}{n-1}.$$

Oder, da $\frac{r}{n-1} + \frac{s}{n-1} = \frac{rs}{(n-1)(r+s)}$,

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{b} = \frac{(n-1)(r+s)}{rs} = (n-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right).$$

Dieſe Gleichungen geben uns die weſentlichſte Anleitung für die Beſtimmung der Focaldiſtanzen der verſchiedenen Linſen. Gelangt der Lichtſtrahl auf dieſelben aus einer beſtimmten Entfernung = b, ſo haben wir

$$\frac{1}{f} = \frac{(n-1)(r+s)}{rs} - \frac{1}{b}$$

Sind ſie dagegen parallel, ſo daß ſie aus einer unbeſtimmbaren Entfernung kommen und b unendlich wird, ſo iſt $\frac{1}{b} = o$, und es ergiebt ſich daher

$$f = \frac{rs}{(n-1)(r+s)}$$

d. h. der Focus der Linſen läßt ſich aus den beiden Radien ihrer beiden Krümmungen, dem Brechungsvermögen der Subſtanz und der Entfernung des leuchtenden Punktes beſtimmen.

Wir können aber aus dieſer Formel, die zunächſt nur für die biconvexen Linſen gilt, die Verhältniſſe der anderen Linſen mittelſt geeigneter Correctionen leicht beſtimmen. Jede ebene Fläche vermag als der Bogen eines Kreiſes mit unendlich großem Radius angeſehen zu werden. Unter dieſen Verhältniſſen wird aber bei einer planconvexen Linſe s = ∞. Wir haben daher für parallele Strahlen

$$\frac{1}{f} = \frac{n-1}{r} + \frac{n-1}{\infty} = \frac{n-1}{r} \text{ und } f = \frac{r}{n-1}.$$

Bei einem Meniscus wird natürlich s negativ. Es ergiebt ſich mithin:

$$f = \frac{-rs}{(n-1)(r-s)}.$$

Iſt nun s größer als r, ſo wird der Werth von f ein poſitiver und der Meniscus daher ein ſammelnder. Im entgegengeſetzten Falle dagegen erhalten wir einen negativen Focus, ſo daß der Meniscus den Character eines zerſtreuenden erhält.

Für concav-concave Gläſer wird ſowohl r als s negativ. f hat daher in jedem Falle einen negativen, aber ſonſt gleichen Werth, wie bei biconvexen Linſen mit gleichen Radien. Eben ſo wird s bei den planconcaven Linſen unendlich groß, während r negativ erſcheint. Die Formel iſt deshalb wiederum dieſelbe, wie für planconvexe Medien, nur mit umgekehrten Kennzeichen.

Nehmen wir nun aber an, daß die Strahlen nicht parallel ſind, d. h. aus keiner unendlichen Entfernung in das Medium eindringen, ſondern daß die Diſtanz ihres Ausgangspunktes von der Linſe = m iſt, ſo haben wir nach der obigen Grundgleichung

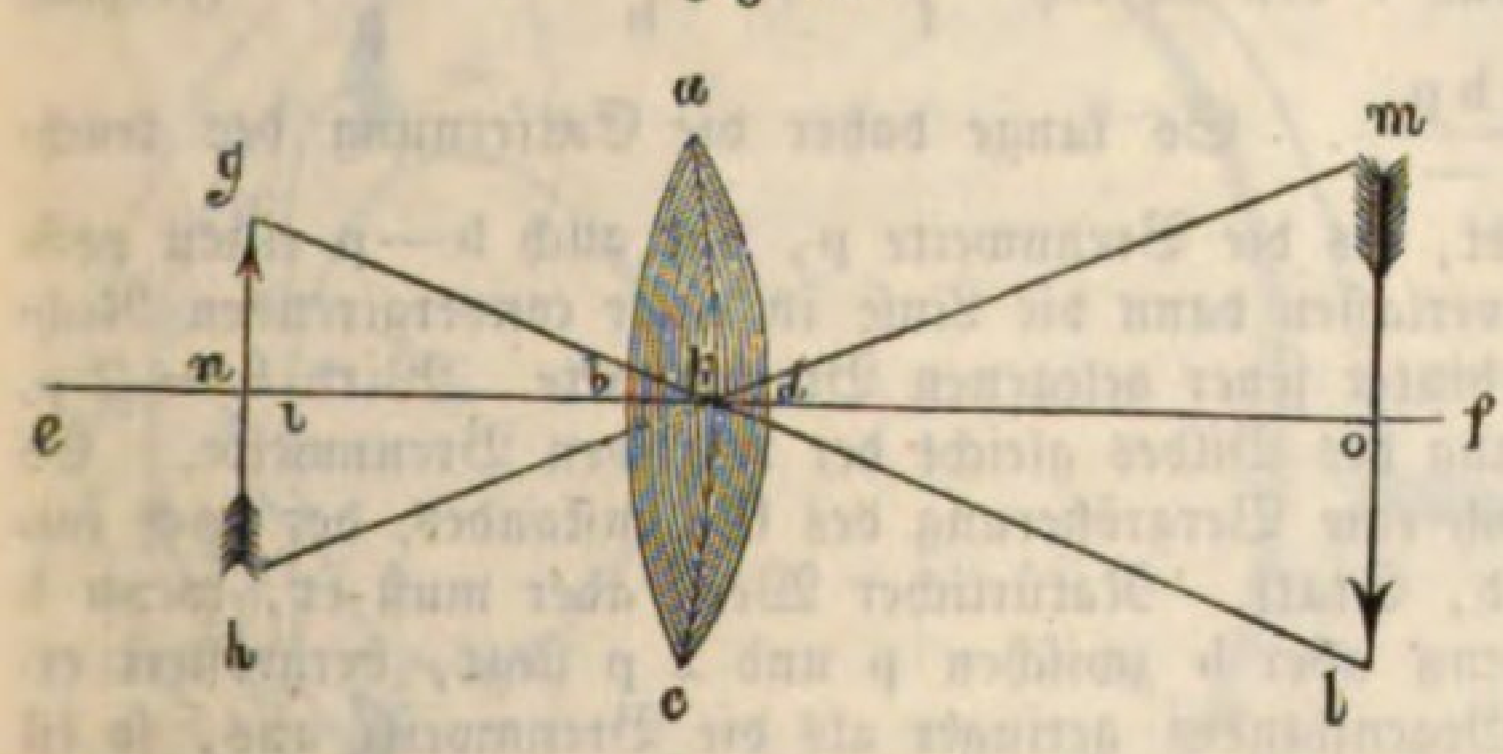
$$\frac{1}{m} = \frac{1}{f} - \frac{1}{b} \text{ und daher } m = \frac{bf}{b - f} = \frac{f}{1 - \frac{f}{b}}$$

Wird nun b unendlich groß, wie bei den eben erläuterten parallelen Strahlen, ſo iſt $\frac{f}{b} = o$ und daher m = f, d. h. in dieſem Falle treffen die Strahlen in dem Brennpunkte der Linſe ſelbſt zuſammen. Wird dagegen b kleiner, d. h. rückt der Gegenſtand näher, ſo erhält $\frac{f}{b}$ einen größeren, $1 - \frac{f}{b}$ einen kleineren, und $\frac{f}{1 - \frac{f}{b}}$ wieder einen größeren Werth, d. h. der Vereinigungspunkt der Strahlen rückt dann hinter den Brennpunkt der Linſe. Wird b = f, d. h. kommen die Strahlen aus einer Diſtanz, die mit der des Brennpunktes übereinſtimmt, ſo wird m unendlich groß, d. h. die Strahlen treten dann aus der Linſe parallel hervor. Verkleinert ſich b noch mehr, ſo wird der Werth von m negativ, d. h. die Strahlen divergiren nach ihrem Durchtritte durch das brechende Medium.

Weſentlich dieſelben Geſetze laſſen ſich auch auf ſolche Strahlen anwenden, welche nicht in der Achſe, ſondern neben derſelben, in einer Nebenachſe durch die Linſe hindurchtreten, vorausgeſetzt, daß dieſe keinen ſehr großen Winkel mit der Achſe bildet. Ueber die Entwickelung dieſer Formeln ſiehe Pouillet Lehrbuch der Phyſik und Meteorologie für deutſche Verhältniſſe frei bearbeitet von Joh. Müller. Bd. II. 1843. 8. S. 149—51.

Die Erſcheinung vollkommener Bilder, deren Strahlen durch Linſen 1034
hindurchtreten, können wiederum am beſten an biconvexen Medien dargeſtellt werden. Wenn nämlich abcd ein ſolches, ef deſſen Achſe und gh ein Gegenſtand iſt, der vor dem Brennpunkte i der Linſe liegt, ſo dringen alle Lichtbündel, welche von g aus längs der Nebenachſe gkl laufen, nach l und ebenſo alle, welche von h kommen, durch hkm nach m. Nur nko geht ungebrochen durch. Der Punkt l entſpricht dem reellen Punkte g und m dem Punkte h. Da ſich nun daſſelbe in Betreff aller Stellen, die zwiſchen f und l einerſeits, und g u. n anderſeits, ſowie zwiſchen m u. o. u h und n liegen, wiederholt, ſo erſcheint gh im Bilde umgekehrt. Dieſes kann ſich aber entweder vergrößert oder verkleinert oder von derſelben Größe wie der natürliche Gegenſtand darſtellen.

Fig. 120.

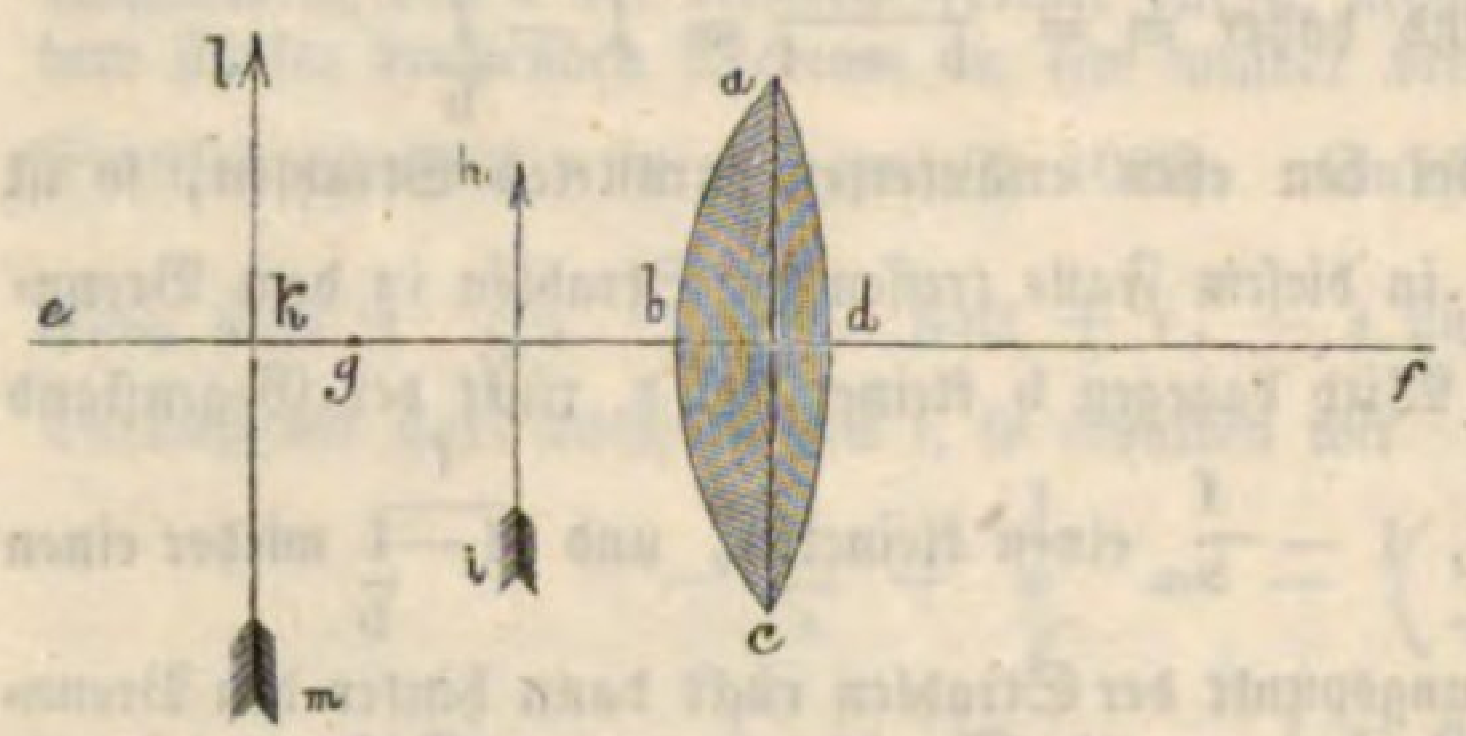


Liegt nämlich der letztere zwiſchen der einfachen und der doppelten

Brennweite der Linſe, ſo erhält man eine Vergrößerung; befindet er ſich dagegen jenſeits der doppelten Brennweite, eine Verkleinerung. Exiſtirt er endlich gerade in der zwiefachen Focaldiſtanz der Linſe, ſo hat man weder das Eine, noch das Andere, ſondern ein dem natürlichen Gegenſtande gleich großes Bild. Es wird in allen dieſen Fällen umgekehrt geſehen.

Iſt dagegen das Object noch innerhalb der Brennweite gelegen, ſo entſteht jenſeit der Linſe kein Sammelbild, ſondern der Gegenſtand erſcheint dieſſeit deſſelben vergrößert. Hat endlich z. B. die Linſe abcd in ef ihre Achſenverlängerung und in g ihren Brennpunkt, ſo werden die Strahlen eines Gegenſtandes hi ſo gebrochen, daß ſein Bild nicht hinter der Linſe zwiſchen d und f und umgekehrt, ſondern in größerer Entfernung von derſelben, z. B. in der Diſtanz kb und aufrecht als lm erſcheint. Auf dieſem Verhältniſſe beruht der Gebrauch der Lupen, an denen ſich überhaupt alle in dieſem Paragraphen geſchilderten Erſcheinungen der Bilder leicht wahrnehmen laſſen.

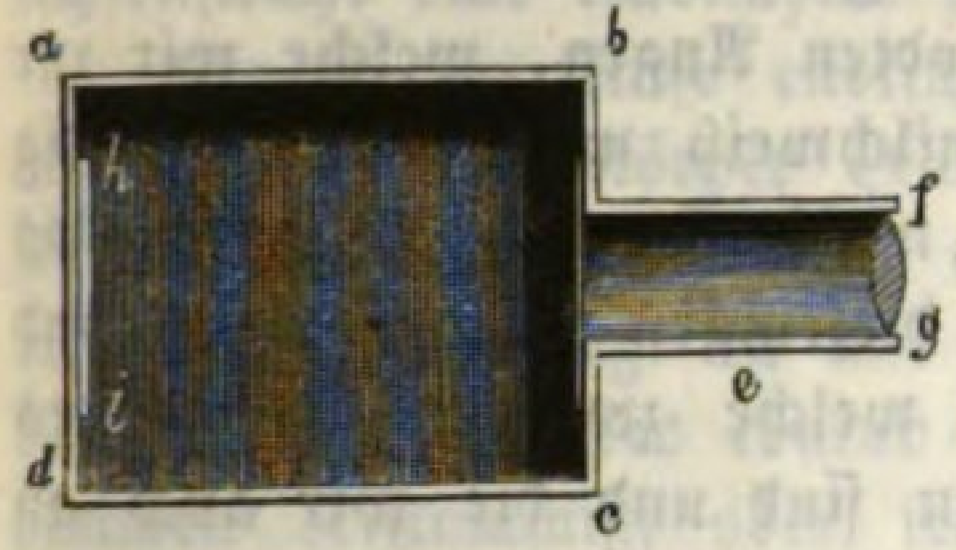
Fig. 121.



Die §. 1033 erwähnte optiſche Grundformel kann uns ebenfalls von den eben erwähnten Phänomenen eine genauere Rechenſchaft geben. Sind r und s die beiden Radien der Krümmungen, n der Brechungsexponent der Medien und p die Brennweite für parallel einfallende Strahlen, ſo hatten wir $p = \frac{r\,s}{(n-1)\,(r+s)}$ und daher $\frac{1}{p} = \frac{(n-1)\,(r+s)}{r\,s} = (n-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right)$. Für eine endliche Entfernung der Strahlen = b erhalten wir für den Focus f den Werth $\frac{1}{f} + \frac{1}{b} = \frac{1}{p}$. Folglich $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{b}$ und $f = \frac{b\,p}{b-p}$. So lange daher die Entfernung des leuchtenden Gegenſtandes b größer bleibt, als die Brennweite p, hat auch b—p einen poſitiven Werth, d. h. die Strahlen verlaſſen dann die Linſe in einer convergirenden Richtung und vereinigen ſich in einem hinter jener gelegenen Brennpunkte. Wird b = 2 p, ſo wird f = b, d. h. die Entfernung des Bildes gleicht der relativen Brennweite. Es findet weder eine Verkleinerung noch eine Vergrößerung des Gegenſtandes, der noch immer hinter der Linſe geſehen wird, Statt. Natürlicher Weiſe aber muß er, wenn b größer als 2 p iſt, verkleinert, wenn aber b zwiſchen p und 2 p liegt, vergrößert erſcheinen. Fällt die Diſtanz des Gegenſtandes geringer als die Brennweite aus, ſo iſt b—p ein negativer Werth, d. h. es entſteht ein negativer Focus, oder Bild und Object liegen an einer und derſelben Seite der Linſe. Es muß zu gleicher Zeit in vergrößertem Maaßſtabe auftreten, weil die Strahlen zwar noch nach der Brechung divergiren, aber in geringerem Maaße als früher aus einander weichen.

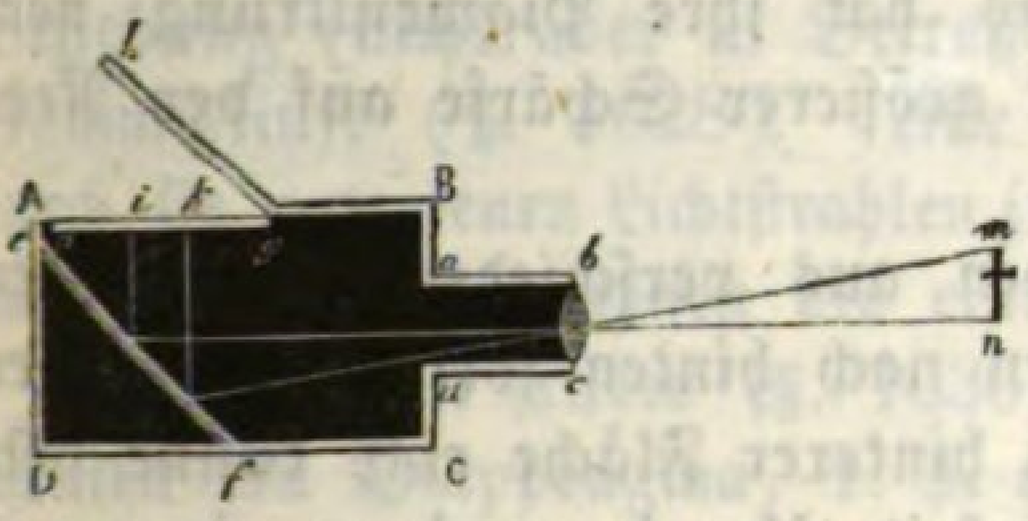
1035 Um das Bild der Sammellinſen, wenn es hinter denſelben erſcheint, mit möglichſter Schärfe aufzufangen, muß alles ſeitliche nicht hierher gehörende Licht, welches ſonſt nur ſtörend wirkt, abgehalten werden. Zu

Fig. 122.



dieſem Zwecke conſtruirt man einen geſchloſſenen Kaſten abcd, deſſen Wände geſchwärzt ſind. Er trägt eine ebenfalls dunkele Halsverlängerung e, an welcher vorn eine Sammellinſe fg angebracht iſt. Wo das Bild auffallen ſoll, befindet ſich eine matte Glasplatte hi. Will man den Apparat bequemer, z. B. zum Zeichnen einrichten, ſo geſtaltet man ihn folgendermaßen. Der Kaſten ABCD hat wie

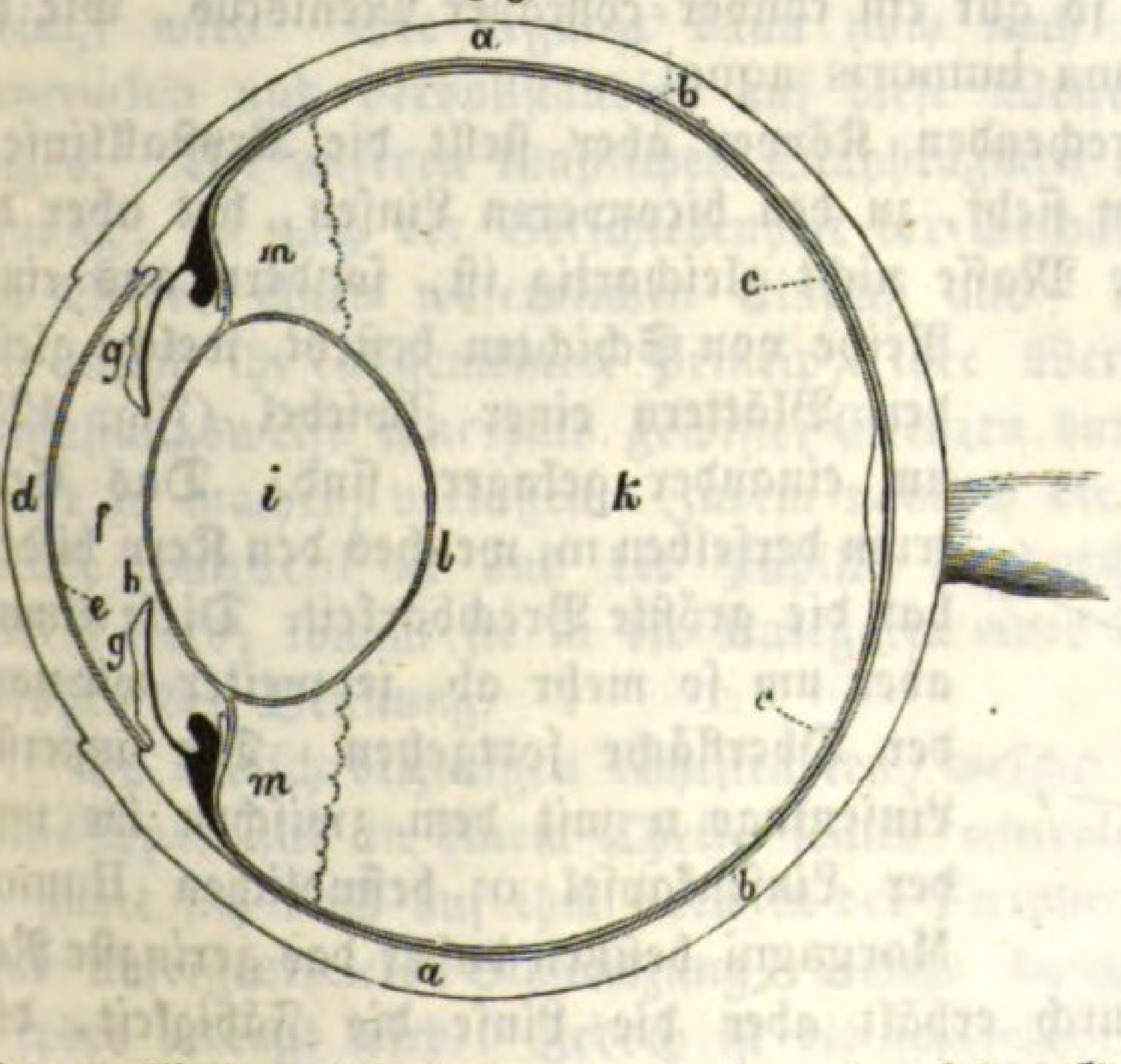
Fig. 123.



im vorigen Falle ſeinen Hals ad und ſeine Sammellinſe bc. In der Gegend, wo die Bilder auffallen, befindet ſich ein unter einem Winkel von 45° geneigter Spiegel ef, welcher ſie nach oben reflectirt. Hier liegt dann die matte Glastafel go und wird zur Abhaltung des ſchädlichen Lichtes durch einen ſchiefen Deckel gh geſchützt. Solche Vorrichtungen heißen **dunkle Kammern** (Camerae obscurae). Es verſteht ſich von ſelbſt, daß ſie auch mehrere gehörig combinirte brechende Medien enthalten können. Beſtehen ſie aus einer Verbindung von Flint- und Crownglaslinſen, ſo wird das Bild auf einer ebenen Fläche viel ſchärfer als durch gewöhnliche achromatiſche Linſen dargeſtellt (**Petzwal u. Voigtländer**).

Wir ſind nun zu demjenigen optiſchen Inſtrumente gelangt, mit wel- 1036
chem unſer **Auge** am paſſendſten verglichen werden kann. Denken wir uns nämlich einen mittleren ſenkrechten Längendurchſchnitt deſſelben, ſowie ihn Fig. 124 darſtellt, ſo

Fig. 124.



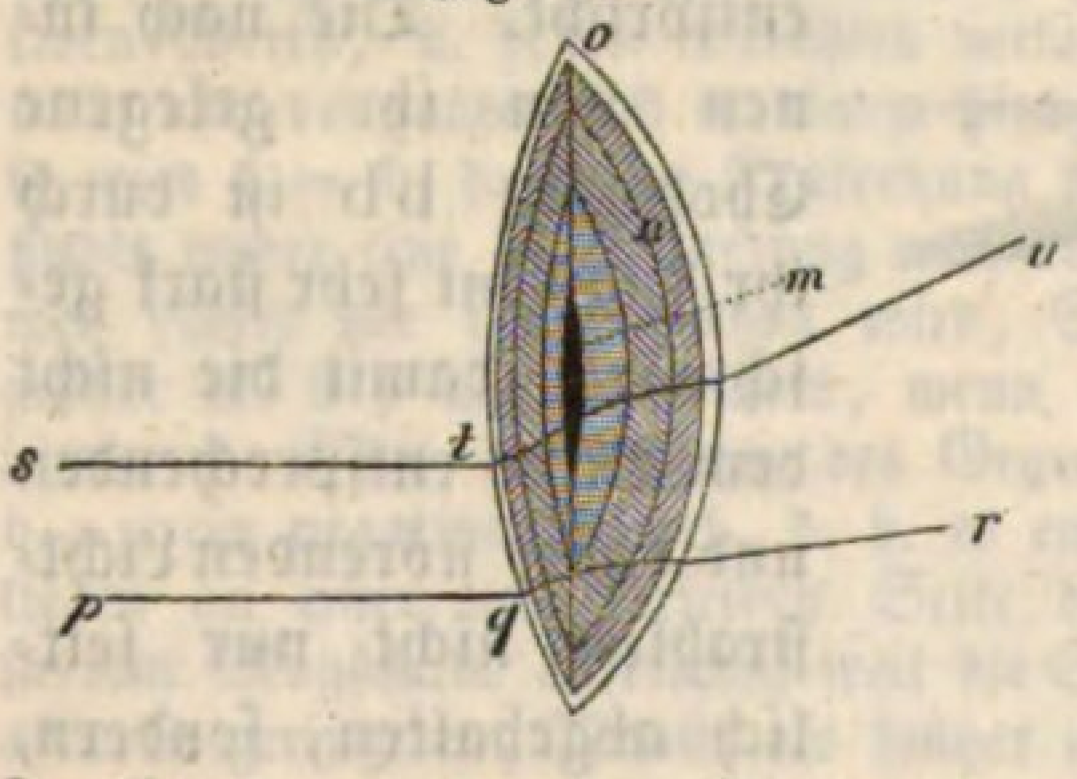
haben wir die Sclerotica aa als die feſte und undurchſichtige Wandung des Licht auffangenden Behälters, welcher dem Kaſten der Camera obscura entſpricht. Die nach innen von ihr gelegene Choroidea bb iſt durch ihr Pigment ſehr ſtark geſchwärzt, damit die nicht dem Bilde entſprechenden und daher ſtörenden Lichtſtrahlen nicht nur ſeitlich abgehalten, ſondern, wenn ſie ſelbſt durch die Sammellinſen eindringen, von dem dunkeln Grunde möglichſt aufgeſogen werden. Dieſes letztere Moment bedingt dann noch einen anderen Vortheil, welchen wir bei unſeren Cameris obscuris in der Regel nicht er-

zielen. Nach innen von der ſchwarzen Aderhaut des Auges nämlich liegt die das Bild auffangende und deſſen Empfindung vermittelnde Netzhaut cc. Die letztere erſcheint zwar an den meiſten todten Augen, welche wir zur Unterſuchung erhalten, mehr oder minder milchweiß und halbdurchſichtig bis undurchſichtig. Im Leben dagegen iſt ſie mattgrau und durchſichtig bis ſtark durchſcheinend, d. h. ſie bietet gerade diejenigen Eigenſchaften und den mäßigen Grad von Transparenz dar, welche zum Auffangen des Bildes der dunklen Kammer am geeignetſten ſind und die wir auch an den mattgeſchliffenen Gläſern unſerer Camerae obscurae zu erzielen ſuchen. Da nun aber die ſchwarze Choroidea unmittelbar hinter ihr liegt und das Licht begierig einſaugt, ſo hat ihre Pigmentirung noch den Nebenvortheil, daß ſich das Bild mit größerer Schärfe auf der Netzhaut darſtellt.

Die Sammellinſen des Auges beſtehen aus verſchiedenen brechenden Medien. Schreiten wir nämlich von vorn nach hinten fort, ſo begegnen wir zuvörderſt der Hornhaut d, an deren hinterer Fläche eine dünne feſte Membran, die Haut der wäſſrigen Feuchtigkeit (Membrana humoris aquei s. Demoursii s. Descemetii), e, dicht angeheftet iſt. Beide zuſammen ſind ſehr durchſichtig und haben die Geſtalt eines convex-concaven ſammelnden Meniscus. Auf ſie folgt die wäſſrige Feuchtigkeit (humor aqueus), f, welche außer Waſſer nur etwas Kochſalz und ſehr wenige organiſche Stoffe enthält (§. 473). Indem ſie ſich einerſeits an die Membrana humoris aquei e und anderſeits an die ungefähr ebene Iris gg anlegt, bildet ſie, wie man ſieht, eine faſt planconvexe Linſe. Anders dagegen geſtalten ſich ihre Verhältniſſe gerade an der wichtigſten Stelle, nämlich an der Pupille h. Indem ſie nämlich hier auf die vordere convexe Oberfläche der Kryſtalllinſe i ſtößt, wird ihre hintere Seite concav und ſie iſt daher in dieſer Beziehung eben ſo gut ein convex-concaver Meniscus, wie die Hornhaut mit der Membrana humoris aquei.

Den vorzüglichſten brechenden Körper aber ſtellt die Kryſtalllinſe i dar. Sie gehört, wie man ſieht, zu den biconvexen Linſen, hat aber die Eigenthümlichkeit, daß ihre Maſſe nicht gleichartig iſt, ſondern aus einer Reihe von Schichten beſteht, welche gleich den Blättern einer Zwiebel (Fig. 125) um einander gelagert ſind. Das Centrum derſelben m, welches den Kern bildet, hat die größte Brechbarkeit. Dieſe nimmt aber um ſo mehr ab, je weiter wir nach der Oberfläche fortgehen. Die äußerſte Linſenlage n mit dem zwiſchen ihr und der Linſenkapſel o befindlichen Humor Morgagni beſitzen daher das geringſte Refractionsvermögen.

Fig. 125.



Hierdurch erhält aber die Linſe die Fähigkeit, die Strahlen, je nachdem ſie verſchiedene Stellen derſelben durchdringen, auf mannichfache Weiſe abzulenken. Geht z. B. ein Strahl pq durch den peripheriſchen Theil hindurch, ſo wird er in qr weniger gebrochen, als

wenn er als st auffällt und als tu heraustritt. Natürlich bildet der reine Achſenſtrahl eine Ausnahme hiervon.

Hinter der Linſe endlich haben wir ein neues brechendes Medium, nämlich den Glaskörper (Corpus vitreum) k (Fig. 124). Dieſer hat, wenn man ſich vorzugsweiſe nur an die tellerförmige Grube l, in welcher die Linſe i eingefügt iſt und den ihr diametral gegenüberſtehenden Theil hält, die Form eines concav-convexen Meniscus. Da der Radius ſeiner hinteren Krümmung oder ſeiner Convexität, welche unmittelbar an die Netzhaut ſtößt, wie wir ſehen werden, größer iſt als der Halbmeſſer der tellerförmigen Grube oder ſeiner Concavität, ſo bildet er auch in dieſer Beziehung (nicht aber in Betreff ſeines relativen Refractionswerthes) eine Sammellinſe (§. 1028). Alle brechenden Medien vereinigen daher die durch ſie getretenen Lichtſtrahlen in einen hinter ihnen gelegenen Punkt, wenn man ſich jede von ihnen als eine iſolirte Linſe vorſtellt.

Wir haben früher (§. 1030) geſehen, daß wir bei optiſchen Inſtrumenten ein Diaphragma, d. h. eine undurchſichtige und geſchwärzte, mit einer in ihrer Mitte befindlichen Oeffnung verſehene Platte vor der Sammellinſe einſchalten oder zwiſchen mehreren brechenden Medien einſchieben, um die ſeitlichen Strahlen möglichſt zu entfernen und den mittelſt der centralen oder der ihnen nahe ſtehenden Lichtwellen erhaltenen Bildern eine größere Reinheit, Schärfe und Beſtimmtheit zu verleihen. Eine ſolche Vorrichtung findet ſich in in unſerem Auge ebenfalls wieder. Die Iris nämlich, g Fig. 124, bildet ein Diaphragma der Art, deſſen Centralöffnung durch die Pupille h dargeſtellt wird. Die eigentliche, an und für ſich farbloſere Regenbogenhaut iſt ſchon ohnehin zum Theil undurchſichtig. Ueberdies aber haben wir an ihrer Hinterfläche eine ſtarke Schwärzung, welche durch die als Traubenhaut beſonders unterſchiedenen Pigmentzellen bedingt wird. Sie ergänzt dann noch nach vorn die Beſtimmung der Choroidea und vervollſtändigt auf dieſe Weiſe die dunkle Kammer des Auges. Bei unſeren künſtlichen Diaphragmen übt die Größe der Mittelöffnung, je nach der Verſchiedenheit der Verhältniſſe, auf die Deutlichkeit des Bildes einen weſentlichen Einfluß aus. Die Natur aber hat auch hier nicht ihr allgemeines Princip, ihre Werkzeuge zur mannichfachſten Auffaſſungsweiſe innerhalb gewiſſer Grenzen durch labile Vorrichtungen geſchickt zu machen, verlaſſen. Indem nämlich die Regenbogenhaut in hohem Grade contractil iſt und die Pupille hierdurch in ihrem Umfange verändert wird, kommt ſie in die Kategorie eines Diaphragma mit variablen Größen der Oeffnung.

Da endlich diejenigen Lichtſtrahlen, welche durch die Linſe treten, den Glaskörper nur in einem Theile ſeines centralen Umfanges durchdringen, ſo findet ſich noch auf ihm vorn in der Peripherie der tellerförmigen Grube eine untergeordnete Schwärzung, welche durch das Syſtem des Ciliarkörpers bedingt wird. Jedoch iſt die ſpeciellere Beſtimmung des letzteren noch ſo gut als unbekannt. Auf dem ſenkrechten mittleren Längendurchſchnitte des Auges ſcheinen dieſe Gebilde größtentheils nur durch die Maſſe

des Glaskörpers durch. Sie ſind jedoch der größeren Deutlichkeit wegen in Fig. 124 bei mm vollſtändiger angegeben worden.

1037 **Der Brechungsexponent der einzelnen Medien des menſchlichen Auges** iſt von den verſchiedenen Beobachtern der neueren Zeit auf ziemlich übereinſtimmende Weiſe feſtgeſtellt worden. Da der der Atmoſphäre, wenn man den des leeren Raumes = 1 ſetzt, zu 1,000294 wird, ſo können wir auch ohne weſentlichen Fehler den letzteren, wenn wir uns auf vier Decimalſtellen beſchränken, geradezu als Einheit zum Grunde legen. Die Brechkraft des Waſſers gleicht dann 1,3358. Was aber die Augenmedien betrifft, ſo enthält die nachfolgende Tabelle die wichtigeren, in dieſer Beziehung bekannt gewordenen Größen:

Theil des menſchlichen Auges.	Brechungsexponent nach			
	Th. Young.	Choſſat.	Brewſter.	Mittel.
Hornhaut mit der Membrana humoris aquei . . .	—	1,33	—	1,33
Wäſſerige Feuchtigkeit .	—	1,338	1,3366	1,3373
Linſenkapſel	—	1,359	—	1,359
Aeußere Schichten der Kryſtalllinſe	—	1,338	1,3767	1,3573
Mittlere Schichten derſelben	—	1,395	1,3786	1,3868
Kern derſelben	1,4025	1,420	1,3999	1,4075
Kryſtalllinſe im Ganzen .	—	1,3843	1,3839	1,3841
Glaskörper	—	1,339	1,3394	1,3392

Halten wir uns nun an die Mittelwerthe, ſo finden wir die relativen Brechungsexponenten der einander benachbarten Augenmedien durch entſprechende Diviſion der einzelnen abſoluten Refractionsexponenten (§. 1015). Hiernach erhalten wir aber:

Aus der Atmoſphäre in die Hornhaut $= \frac{1,33}{1,000294} =$ . . 1,3296

Aus dieſer in die wäſſerige Feuchtigkeit 1,0055

Aus dieſer in die Linſenkapſel 1,0163

Aus den letzteren in die äußeren Schichten der Kryſtalllinſe 0,9760

Aus dieſer in die Mittelſchichten der Linſe 1,0217

Aus den letzteren in den Kern der Linſe 1,0149

Aus der Kryſtalllinſe im Ganzen in den Glaskörper . . . 0,9676

Oder wenn wir die Linſenkapſel und die einzelnen Schichten der Linſe außer Acht laſſen:

Aus der Atmoſphäre in die Hornhaut 1,3296

Aus dieſer in die wäſſerige Feuchtigkeit 1,0055

Aus der letzteren in die Kryſtalllinſe 1,0350

Aus dieſer in den Glaskörper 0,9676

Wir haben mithin nach den erſteren Beſtimmungen einen Geſammt-

Brechexponenten aller Augenmedien von 1,3316, nach den letzteren einen ſolchen von 1,3377. Ziehen wir aus beiden das Mittel, ſo ergiebt ſich 1,3346, d. h. der durchſchnittliche Brechungsexponent der ſämmtlichen Augenlinſen ſteht dem des deſtillirten Waſſers ſehr nahe.

Die Beſtimmung der Refractionsexponenten der optiſchen Medien des Auges ſtößt auf größere Schwierigkeiten, als ſich auf den erſten Blick erwarten läßt. Das Nächſte wäre, dieſelben, ſie ſeien feſt oder flüſſig, in Prismengeſtalt zu bringen und nun mittelſt des Theodolithen den Einfallswinkel und den kleinſten Brechungswinkel zu beſtimmen und aus den Sinus beider den Brechungsexponenten zu berechnen [1]. Allein bei dem Humor aqueus, wo die Sache noch am leichteſten ginge, ſteht die geringe Menge deſſelben im Wege. Der Humor vitreus dagegen bietet noch andere bald zu erwähnende Hinderniſſe in dieſer Beziehung dar. Aus der Linſe ließe ſich aber kaum ein Prisma von beſtimmtem Winkel verfertigen, und noch weniger wäre dieſes bei der Hornhaut möglich. Wollte man aber die Methode verſuchen, die einzelnen brechenden Subſtanzen in andere flüſſige Medien von genau derſelben Refraction zu bringen und den Brechungsexponenten der letzteren zu ermitteln, ſo könnten leicht durch die Einwirkung des Fluidum, ſelbſt wenn dieſes z. B. eine Eiweißlöſung wäre, ſtörende Trübungen bedingt werden. Jedoch wäre ein ſolches Bemühen wenigſtens experimentell conſequent zu verſuchen, ehe ſich ein abſolutes Urtheil in Betreff deſſelben fällen läßt.

Choſſat [2] befolgte bei ſeinen Forſchungen ein für flüſſige und weiche Körper gültiges Verfahren, das zuerſt von Euler theoretiſch angegeben, ſpäter aber von Brewſter praktiſch ausgeführt worden. Er verfertigte ſich nämlich aus den zu unterſuchenden halbfeſten organiſchen Medien planconcave Linſen, indem er ſie zwiſchen einer ebenen Platte und der Objectivlinſe eines zuſammengeſetzten Mikroſkopes von bekanntem Radius = r zuſammendrückte. Bei rein flüſſigen Subſtanzen erreicht man dieſen Zweck am einfachſten, indem man ein Quantum derſelben auf die obere Seite des Objectivs tropft und das Ganze horizontal ſtellt. Unterſuchte nun Choſſat irgend einen Gegenſtand, wenn ſein Bild relativ am deutlichſten erſchien und beſtimmte hierauf die Entfernung des Objectivs vom Gegenſtande = d und die Diſtanz des erſteren vom Diaphragma = e, ſo berechnete er den Brechungsexponenten n nach der Formel $n = 2 - r\left(\frac{d+e}{dd}\right)$. Eine nähere Erläuterung dieſes Verfahrens mit der Deduction der dazu gehörenden Formeln findet ſich z. B. in A. Kunzek die Lehre vom Lichte nach dem neueſten Zuſtande der Wiſſenſchaft, zunächſt für das Bedürfniß gebildeter Stände dargeſtellt. Lemberg, Stanislawow und Tarnow. 1836. 8. S. 243—245.

Brewſter [3] gebrauchte bei ſeinen mit Gordon gemachten Beſtimmungen prismatiſche Vorrichtungen, bei denen die Brechung unmittelbar mit Waſſer verglichen wurde.

Man ſieht leicht, daß die Ermittelung des Brechungsexponenten der Hornhaut bei jeder der angeführten Methoden viele Schwierigkeiten darbieten müſſe. Allein, wie auch die Reſultate ausfallen mögen, ſo ſcheinen die Erfahrungen von Choſſat darauf hinzudeuten, daß das Refractionsvermögen der Cornea nie das der äußeren Schichten der Kryſtalllinſe erreicht. So z. B. erhielt dieſer Forſcher:

---

[1]) Ueber dieſe Methoden für feſte und flüſſige Körper ſiehe z. B. J. B. Biot Lehrbuch der Experimentalphyſik oder Erfahrungs-Naturlehre. Bearbeitet von G. Th. Fechner. Bd. IV. Zweite Auflage. Leipzig, 1829. 8. S. 261 und S. 265.

[2]) Bibliothèque universelle des sciences, belles lettres et arts. Genève. Tome IX. 1818. 8. p. 26 — 31.

[3]) The Edinburgh Philosophical Journal. Conducted by Brewster and Jameson. Vol. I. Edinburgh, 1819. 8. p. 42 — 45.

Brechungs-exponent.	Menſch.	Bär.	Elephant.	Ochſe.	Hahn.	Karpfen.
Der Hornhaut. .	1,33	1,35	1,34	1,34	1,35	1,35
Der äußeren Schichten der Kryſtallinſe	1,338	1,383	1,369	1,375	1,383	1,374
Differenz	0,008	0,033	0,029	0,035	0,033	0,024

Der Brechungsexponent der Membrana humoris aquei des Menſchen iſt zwar bis jetzt noch unbekannt. Allein die von Choſſat am Elephanten und dem Ochſen angeſtellten Unterſuchungen gaben das Reſultat, daß er nicht ſehr von dem der Hornhaut abweicht. Es zeigte ſich nämlich:

Brechungsexponent der	Elephant.	Ochſe.
Hornhaut	1,34	1,34
Membrana humoris aquei	1,349	1,339
Differenz	+0,009	−0,001

Dieſe Erfahrungen müſſen aber überhaupt noch dahingeſtellt bleiben, wenn man bedenkt, daß ſich aus der Haut der wäſſerigen Feuchtigkeit weder ein Prisma noch eine planconcave Linſe mit Sicherheit verfertigen läßt und man ſich daher hier höchſtens an die Methode halten kann, den Refractionsexponenten durch den eines gleich ſtark brechenden flüſſigen Mittels zu beſtimmen. Daſſelbe gilt von der Linſenkapſel. Schon ihre mikroſkopiſchen Verhältniſſe ſcheinen darauf hinzudeuten, daß ſie das Licht ſtärker als die äußeren, ſchwächer dagegen als die tieferen Linſenſchichten ablenke. Dieſes Reſultat erhielt auch Choſſat bei ſeinen Erfahrungen am Menſchen, obgleich Säugethiere und Vögel hiervon Ausnahmen ergaben.

Brechungsexponent.	Menſch.	Bär.	Elephant.	Ochſe.	Hahn.
Linſenkapſel	1,359	1,369	1,349	1,357	1,354
Aeußere Schichten der Kryſtallinſe	1,338	1,383	1,369	1,375	1,383
Differenz	+0,021	−0,014	−0,020	−0,018	−0,029
Mittlere Schichten der Kryſtallinſe	1,395	1,396	1,387	1,403	1,387
Differenz	−0,036	−0,027	0,038	−0,046	−0,034

Nehmen wir aber auch an, das bei dem Menſchen Statt findende Verhältniß ſei unzweifelhaft, ſo iſt der Unterſchied, wie man ſieht, keineswegs ſehr bedeutend. Der relative Brechungsexponent der Linſenkapſel und der Kryſtallinſe würde hiernach 1,0157 betragen.

Daß die Kryſtallinſe geradezu wie eine vergrößernde Linſe wirken könne, hat Brewſter praktiſch gezeigt. Er brachte Fiſchlinſen unverletzt in eine geeignete Faſſung und erhielt durch ein ſolches Mikroſkop, ſo lange die Kryſtallinſe in den erſten Stunden nach dem Tode durchſichtig blieb, ſehr klare und ſcharfe vergrößerte Bilder. Zu anderen Verſuchen gebrauchte auch Haſenclever [1]) die Linſe des Schweines in ähnlicher Art,

[3]) R. Hasenclever Die Raumvorstellung aus dem Gesichtssinne. Ein Beitrag zur Theorie des Sinnenlebens. Berlin, 1842. 8. S. 69.

und ich ſelbſt bediente mich mehrere Male der des Menſchen und des Schaafes mit befriedigendem Erfolge. Wenn daher Hawksbee [1]) durch den Kryſtallkörper, welcher in dem Winkel eines Priſma eingeſchloſſen war, keine ſcharfen Bilder gewöhnlicher Gegenſtände ſehen konnte, ſo lag dieſes wahrſcheinlich in der Verſchiebung der Linſenſchichten oder der Trübung der Subſtanz derſelben oder beiden Momenten zugleich. Ob ähnliche Erfahrungen, welche Choſſat und Cauchoir [2]) an dem Glaskörper machten, wie dieſe Forſcher glauben, von der Hyaloidea oder von anderen Nebenumſtänden abhingen, läßt ſich vorläufig nicht beſtimmen.

Eine zuſammenſtellende Tabelle einer Reihe von Brechungsexponenten der Medien der Augen von Menſchen und Thieren findet ſich auch in G. R. Treviranus Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge des Menschen und der Thiere. Heft I. Bremen. 1828. Fol. S. 32.

Natürlicher Weiſe hängt die Art und Weiſe, wie die Lichtſtrahlen der 1038
äußeren Gegenſtände die verſchiedenen Augenmedien durchdringen, nicht bloß von dem Brechungsexponenten, ſondern auch von der Form der Linſen ab. Es handelt ſich daher darum, deren Krümmungshalbmeſſer, ihre Abſciſſen und Ordinaten und ähnliche Beſtimmungsglieder ihrer Geſtalten und Größen ſo genau als möglich zu ermitteln. Bis jetzt bediente man ſich in dieſer Beziehung der unmittelbaren Meſſung theils unverſehrter, theils durchſchnittener möglichſt friſcher Augäpfel. Die Beſtimmungen erfolgten mittelſt des Cirkels oder, um eine größere Genauigkeit zu erzielen, unter einem ſchwach vergrößernden Mikroſkope mittelſt eines in das Ocular eingelegten Mikrometers oder daſelbſt befindlicher mikrometriſcher Fäden. Die letztere Methode, welche Krauſe, wo es anging, gebrauchte, muß an und für ſich zu genauen Reſultaten führen. Allein da der Augapfel mindeſtens in Eiweißlöſung während der einen längeren Zeitraum einnehmenden Beſtimmung aufbewahrt werden muß, ſo wäre es möglich, daß hier durch Endosmoſe und Exosmoſe kleine Verſchiebungen bedingt würden, welche auf das Endergebniß von Einfluß ſein könnten.

Es läßt ſich theoretiſch annehmen, daß ſich gegenwärtig ein Theil dieſer Uebelſtände durch den Gebrauch der Daguerrotypie beſeitigen ließe. Hätte man z. B. das Profil der Cornea oder einen ſenkrechten mittleren Längendurchſchnitt des Auges daguerrotypiſch auf einer Metallplatte fixirt, ſo wäre man im Stande, dieſe mit Bequemlichkeit zur genaueren Meſſung unter dem Mikroſkope zu gebrauchen. Ein vorzüglicher Uebelſtand läge in der Verkleinerung des Bildes. Allein ſie läßt ſich durch geeignete Camerae obscurae bis auf einen gewiſſen Grad vermeiden. Während aber die an dem daguerrotypiſchen Bilde gefundenen Reſultate die unmittelbaren Grundlagen für die Berechnung der Curven gäben, könnte man leicht, wenn man das Verhältniß der Größe des Bildes zu der des natürlichen Gegenſtandes beſtimmt, die wahren Werthe der einzelnen Durchmeſſer, Abſciſſen, Ordinaten u. dgl. beſtimmen.

Schon der bloße Anblick eines friſchen noch prallen Auges und vor- 1039

---

[1]) J. Priſtley's Geſchichte und gegenwärtiger Zuſtand der Optik, vorzüglich in Abſicht auf den phyſikaliſchen Theil dieſer Wiſſenſchaft. Ueberſetzt und mit Anmerkungen und Zuſätzen begleitet von G. S. Klügel. Leipzig, 1776. 4. S. 129.

[2]) Choſſat a. a. O. p. 29.

züglich nach demſelben verfertigte Gypsabgüſſe, welche man mit Wachs füllt und dann in verſchiedenen Richtungen durchſchneidet, zeigten deutlich, daß der Bulbus keine ganz vollſtändige Kugel bildet. Nach Krauſe [1]) ſtellt er vielmehr ein Ellipſoid dar. Die Hornhaut, welche in ihrer Mitte dünner als in ihrer Peripherie iſt, krümmt ſich an ihrer vorderen Fläche nach einer Kreisfläche, beſchreibt dagegen mit ihrer Hinterfläche eine Parabel und gleicht deshalb einem convex=concaven Meniscus mit ungleichen Krümmungsflächen. Die Vorderfläche der Linſe beſitzt einen elliptiſchen, die hintere dagegen einen paraboliſchen Durchſchnitt. Auch hier haben wir alſo ein biconcaves ungleich gekrümmtes Brechungsmedium. Hiernach muß die wäſſrige Feuchtigkeit in denjenigen Theilen ihrer Krümmungen, welche durch die hintere Seite der Hornhaut und die vordere der Linſenkapſel und des Humor Morgagnii beſtimmt wird, einen convex=concaven Meniscus bilden und der Durchſchnitt wird an ſeiner vorderen Seite einen Theil einer Parabel, an ſeiner hinteren dagegen eine noch unbekannte Curve beſchreiben. Der Glaskörper endlich ſtellt ein Ellipſoid dar. Alle dieſe Data ergeben ſich aus den Meſſungen von Krauſe, welche zum Theil unter dem Mikroſkope vollführt worden ſind und, wie wir durch die ſpäteren Berechnungen finden werden, alles Vertrauen verdienen. Vielleicht geht es mit dem Auge wie mit der Erde und vielen anderen Naturkörpern, die zwar annähernd kugelrund oder elliptoidiſch ſind, deren Detailformen dagegen von jeder ganz regelmäßigen mathematiſchen Figur abweichen, oder die wenigſtens bei ihren Beſtimmungen die complicirteſten Formeln und Correctionswerthe erheiſchen.

Um in dieſer Beziehung eine Reihe in der Folge anzuwendender numeriſcher Werthe zu haben, wollen wir aus der erwähnten Arbeit von Krauſe einige Zahlen von allgemeinerem Intereſſe ausziehen und hierbei zweierlei Tabellen entwerfen, von denen die erſtere die generellen Beſtimmungen, die letztere dagegen zwei einzelne geſunde Augen, welche genau gemeſſen worden ſind, umfaßt.

I.

Theile.	Länge im Allgemeinen in Pariſer Linien ausgedrückt.
Aeußere Augenachſe, d. h. die von der Mitte der Hornhaut bis zu der der hinteren Wölbung der Sklerotica gezogene Linie.	10''',2 bis 11''',0 und häufiger unter 11''',0.
Senkrechter Durchmeſſer zwiſchen Rectus superior und Rectus inferior.	10''',1 bis 10''',75.
Horizontaler, den vorigen rechtwinklich ſchneidender Durchmeſſer.	faſt eben ſo.
Dicke der Sklerotica an dem hinteren Umfange des Augapfels.	0''',5 bis 0''',6.
Dicke derſelben in der Mitte.	0''',4 bis 0''',45.

[1]) Meckel's Archiv für Anatomie und Physiologie. Bd. VI. Leipzig, 1832. 8. S. 86—120.

Theile.	Länge im Allgemeinen in Pariſer Linien ausgedrückt.
Dicke derſelben unter den Sehnen der geraden Augenmuskeln.	0''',25 bis 0''',30.
Dicke derſelben gegen ihren vorderen Rand hin.	0''',33 bis 0''',40.
Dicke der Hornhaut in ihrer Mitte.	0''',4 bis 0''',5.
Dicke derſelben, ¼ Linie von ihrem Rande entfernt.	0''',45 bis 0''',70.
Sehne des vorderen horizontalen oder äußeren Bogens der Hornhaut.	4''',6 bis 5''',6.
Sehne des ſenkrechten Bogens.	4''',5 bis 5''',0.
Differenz beider Sehnen.	0''',2 bis 0''',6.
Horizontale Sehne der hinteren Krümmung der Cornea.	4''',9 bis 5''',25.
Senkrechte und diagonale Sehne.	eben ſo viel.
Radius der Kreiskrümmung der vorderen Fläche der Hornhaut.	3''',8644.
Radius der Kugel des Kugelabſchnittes der Vorderfläche derſelben.	4''',2915.
Höhe des Halbmeſſerabſchnittes.	0''',8106.
Durchmeſſer der Baſis des Kugelabſchnittes.	5''',02.
Größter Bogen deſſelben.	71° 35′ 16″.
Parameter der paraboliſchen Krümmung der Hinterfläche der Hornhaut.	5''',0108 bis 6''',1443.
Parameter des Paraboloids, deſſen Scheitelabſchnitt die Hinterfläche der Hornhaut darſtellt.	5''',7444.
Höhe deſſelben.	1''',0793.
Durchmeſſer der Baſis.	4''',98.
Dicke der Choroidea nach Entfernung des Pigmentes.	0''',025.
Mit dem letzteren.	wenigſtens noch ein Mal ſo dick.
Durchmeſſer des Loches der Aderhaut für den Durchgang des Sehnerven.	0''',9.
Entfernung der Fläche der Pupille von der Mitte der Hinterſeite der Hornhaut.	0''',9 bis 1''',0.
Dicke der Iris und Uvea am Ciliarrande.	0''',1.
Desgleichen am Annulus major und in der Mitte.	0''',12 bis 0''',15.
Desgleichen am Annulus minor.	0''',15 bis 0''',25.
Dicke der Netzhaut in der hinteren Hälfte des Augapfels.	0''',066.
Desgleichen in der Mitte des Bulbus.	0''',033.
Höhe des Hügels des Sehnerven.	0''',3.
Durchmeſſer deſſelben.	0''',8 bis 1''',0.
Entfernung der Mitte deſſelben von dem hinteren Ende der inneren Augenachſe.	1''',3 bis 1''',5.
Länge der Plica centralis retinae.	1''',4 bis 1''',8.
Höhe derſelben.	0''',4 bis 0''',5.
Durchmeſſer der Linſe.	3''',9 bis 4''',33.

Theile.	Länge im Allgemeinen in Pariſer Linien ausgedrückt.
Achſe oder Dicke derſelben.	1‴,83 bis 3‴,1.
Unterſchied der Entfernung des größten Durchmeſſers derſelben von ihrer Vorderfläche und der Diſtanz von der Hinterfläche.	0‴,25 bis 0‴,50.
Krümmungsradius der vorderen Linſenfläche [1]).	2‴,19 bis 3‴,49.
Desgleichen der hinteren Linſenfläche.	2‴,01 bis 2‴,70.
Durchmeſſer des Kernes der Kryſtallinſe.	2‴,0 bis 2‴,6.
Achſe desſelben.	0‴,6 bis 0‴,9.
Dicke der nächſt weicheren Schicht, welche den Kern umgiebt.	0‴,2 bis 0‴,5.
Dicke der vorderen Wand der Linſenkapſel.	0‴,0166...
Achſenentfernung der Hinterwand der Linſe von der Oberfläche der Netzhaut.	9‴,0 bis 9‴,9.
Achſe des Glaskörpers.	4‴,8 bis 6‴,8.
Die drei halben Achſen des Ellipſoids des Glaskörpers.	5‴,12, 4‴,85 und 4‴,45.

II.

Theile.		In Pariſer Linien ausgedrückte Specialmaaße des Auges: einer 50jährigen Frau.	eines ſtarken 30jährigen Mannes.
Augapfel.	Achſe, äußere.	10‴,2	10‴,9
	» innere.	9‴,0	9‴,85
	Durchmeſſer, horizontaler.	—	10‴,9
	» größter querer.	10‴,8	11‴,25
	» ſenkrechter, äußerer.	10‴,1	10‴,8
	» » innerer.	9‴,3	9‴,9
	Dicke, in der Mitte.	0‴,5	0‴,4
	» am Rande.	0‴,6	0‴,5
	Vordere Fläche: Grundlinie (Sehne).	5‴,0	4‴,6
	Höhe (Sinus versus).	0‴,85	0‴,64
	Hintere Fläche: Grundlinie.	4‴,9	5‴,1
	Höhe.	1‴,0	1‴,06
Hornhaut.	Radius der vorderen Krümmung.	4‴,0525	4‴,3524
	Grade ihres größten Bogens.	76° 12′ 10″	63° 48′ 2″
	Parameter der Hinterfläche.	5‴,6366	6‴,1443
Sklerotica.	Dicke, in der Augenachſe.	0‴,6	0‴,55
	» am Querdurchmeſſer des Bulbus.	0‴,45	0‴,45
	» am vorderen Rande.	0‴,4	0‴,35
	Durchmeſſer des für den Sehnerven beſtimmten Loches.	1‴,1	1‴,2

[1]) Dieſe und die vier nächſten Maaße ſind nach Weingeiſtlinſen gegeben.

Theile.		In Pariſer Linien ausgedrückte Specialmaaße des Auges: einer 50jährigen Frau.	In Pariſer Linien ausgedrückte Specialmaaße des Auges: eines ſtarken 30jährigen Mannes.
Choroidea.	Dicke, in der Augenachſe.	0‴,05	—
	» am Querdurchmeſſer.	0‴,03	—
	Durchmeſſer des Sehnervenloches.	0‴,9	—
Iris.	Entfernung der Pupille von der Hornhaut.	1‴,0	1‴,0
Netzhaut.	Dicke, in der Augenachſe.	0‴,06	0‴,066
	» am Querdurchmeſſer.	0‴,03	—
	Centralfalte: Länge.	1‴,8	—
	Höhe.	0‴,4	—
	Markhügel des Sehnerven:		
	Höhe.	0‴,3	0‴,26
	Durchmeſſer ſeiner Baſis.	0‴,95	1‴,2
	Abſtand ſeines Mittelpunktes von dem hinteren Ende der Augenachſe.	1‴,5	1‴,6
Kryſtalllinſe.	Durchmeſſer.	4‴,0	4‴,1
	Achſe.	3‴,1	2‴,0
	Höhe der vorderen Hälfte.	1‴,3	0‴,85
	» der hinteren Hälfte.	1‴,8	1‴,15
	Vorderfläche: halbe große Achſe.	2‴,0484	2‴,05
	halbe kleine Achſe.	1‴,6804	0‴,95
	Hinterfläche: Parameter.	3‴,2081	4‴,4920
	In der Augenachſe gemeſſene Entfernung:		
	der Vorderfläche von der Hornhaut.	1‴,1	1‴,2
	der Hinterfläche von der Netzhaut.	4‴,8	6‴,65
Innere Wölbung des Augapfels:			
	Achſen des Ellipſoids derſelben: große.	9‴,7999	10‴,2486
	kleine.	8‴,8355	8‴,9048
	ſenkrechte.	9‴,2686	9‴,7041

Eine Reihe anderer Maaßbeſtimmungen ſ. bei G. R. Treviranus Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge. S. 22 – 31. Vergl. auch Krauſe in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XXXI. S. 91.

Um nun den Gang der Lichtſtrahlen im Auge zu verfolgen, 1040
wollen wir vorläufig alle Oberflächen der brechenden Medien, was ohne erheblichen Fehler geſchehen kann, als ſphäriſch annehmen. Geſetzt nun, ein mit ſeiner Spitze a (Fig. 126) nach oben gerichteter Pfeil ab ſtehe ſo vor dem Auge, daß von allen ſeinen Punkten ausgehende Lichtſtrahlen durch die Pupille hindurchdringen können, ſo treffen ſie zunächſt die Hornhaut de. Hier wird ein Theil derſelben zurückgeworfen, während ein anderer durch jene durchgeht. Nur der Achſenſtrahl cf wird bei dem ſymmetriſchen Baue und der gleichförmigen Lage der ſphäriſch gedachten Augenmedien ungebrochen hindurchgehen. Alle anderen dagegen müſſen eine mehr oder minder bedeutende Ablenkung erleiden. Der Strahl ag z. B., für den hi die Tangente und kl das Einfallsloth iſt und der unter dem Winkel akg

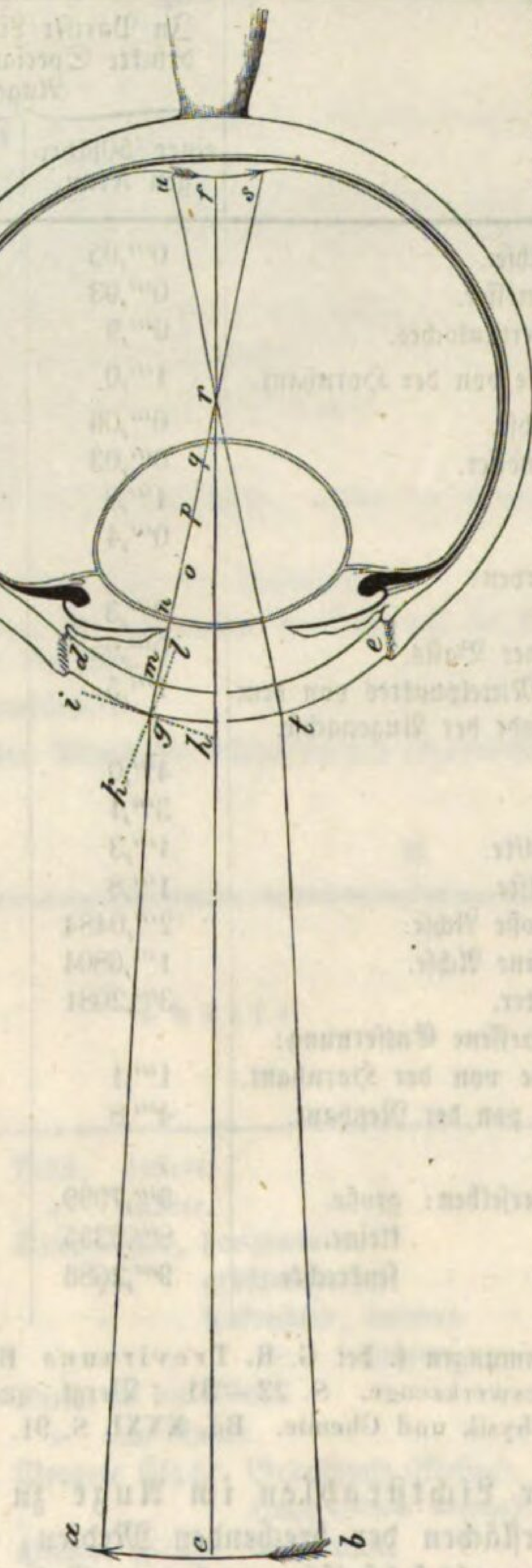


Fig. 126.

auf die Hornhaut gelangt, wird, da dieſe einen ſammelnden Meniscus darſtellt und einen größeren Brechungsexponenten als die Atmoſphäre beſitzt, unter dem kleineren Refractionswinkel mgl die Cornea durchſetzen und in gm durch ſie verlaufen. Tritt er alsdann durch die wäſſrige Feuchtigkeit, ſo wird er in keinem ſehr bedeutenden Maaße abgelenkt. Denn einerſeits iſt der Brechungsexponent des Humor aqueus von dem der Hornhaut nicht ſehr verſchieden (§. 1037) und anderſeits dürfte auch die eigenthümliche Krümmung des Meniscus der wäſſrigen Feuchtigkeit keine große Abweichung von dem früheren Wege bedingen. Hat er ſie dagegen in der Richtung mn durchſetzt, ſo erleidet er ſchon in den äußeren vorderen Schichten der ſtärker brechenden Linſe und noch mehr in dem Kerne eine Ablenkung no und op, die wiederum bei dem Durchtritte durch die hinteren und weicheren Lagen etwas geringer wird. Tritt er aber bei q in den Glaskörper ein, ſo findet wahrſcheinlich wegen der ſchwächeren Refraction dieſes Theiles des Auges eine geringe Divergenz Statt. Der Lichtſtrahl geht daher in qrs fort und gelangt bei s auf die Oberfläche der Netzhaut. In gleicher Art verläuft der Strahl bt als btu und trifft in u auf die Retina. Auf analoge Weiſe fallen dann die Bilder aller zwiſchen a und c gelegenen Punkte zwiſchen s und f und eben ſo die von c nach b befindlichen von u nach f, d. h. das auf der Netzhaut ſich abſpiegelnde Bild wird in der Richtung von oben nach unten umgekehrt. Da aber auch daſſelbe wegen der Kugelform des Auges und der Kreisgeſtalt der brechenden Medien von den ſeitlichen Theilen gilt, ſo haben wir in dem Netzhautbilde eine in jeder Flächenrichtung inverſe Darſtellung des natürlichen Objectes. Sollen alle Theile des letzteren

auf einer und derſelben Fläche der Netzhaut wiederkehren, ſo kann das Bild nicht ganz eben ſein, ſondern muß die Curvenkrümmung der Retina, ſo weit es dieſelbe berührt, nachahmen. Auch hierin findet alſo ein Unterſchied, der freilich, wie ſich ſpäter ergeben wird, mehr in den Hintergrund tritt, Statt.

Wir haben ſchon §. 1034 kennen gelernt, daß das Bild einer Sammellinſe, deren Gegenſtand jenſeits der doppelten Brennweite derſelben liegt, umgekehrt und verkleinert erſcheint. Die Camera obscura lieferte uns einen praktiſchen Beleg dieſes Verhältniſſes. Da das Gleiche in unſerem Auge wiederkehrt und der gemeinſchaftliche Focus der brechenden Mittel deſſeben nicht ſehr weit von dieſen entfernt liegt, ſo müſſen ſich die Bilder der äußeren Objecte nicht bloß umgekehrt, ſondern auch verkleinert abſpiegeln.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß jede Undurchſichtigkeit, welche den Durchtritt der Lichtſtrahlen beſchränkt oder hemmt, die Auffaſſung der Bilder hindern muß. Hierin liegt außer den Lähmungserſcheinungen, welche die Empfänglichkeit der Netzhaut abſtumpfen oder auf Null reduciren, die größte Gefahr für das Auge. Vertrocknet der Epithelialüberzug der Cornea, wie wir dieſes bei Xerosis bulbi oder nach manchen Paralyſen der Augennerven finden, ſo müſſen die Lichtwellen durch ein trübes Mittel hindurchgehen. Es können daher nicht die Bilder, welche ſich auf der Netzhaut abſpiegeln, jene Deutlichkeit und Schärfe erhalten, die für das genaue Sehen erforderlich iſt. Noch größere Gefahr droht von Seiten der Augenmedien ſelbſt. Denn die meiſten von ihnen ſcheinen ihre Durchſichtigkeit und ihre ſo genau berechneten optiſchen Eigenſchaften nur dadurch erlangen zu können, daß ihre Maſſe ſehr zart iſt und ſich leicht durch ſchädliche äußere Urſachen umändert und trübt. Jeder zu hohe Temperaturgrad, jede bedeutende chemiſche Einwirkung, jede Narbenverheilung der Hornhaut macht dieſe an den betreffenden Stellen milchweiß und undurchſichtig. Wird hierdurch aller Eintritt der Lichtſtrahlen in's Auge abgeſchnitten, ſo iſt eine in der Regel unheilbare Blindheit die Folge ſolcher Verhältniſſe. Es wäre möglich, daß die Aufhellung durch die Anwendung von ſchwachen Alkalien oder manchen alkaliſchen Salzen oder galvaniſcher Ströme, welche an ihrem negativen Pole alkaliſche Subſtanzen abſetzen, gelänge. Allein die Hauptſchwierigkeit liegt dann in der Zerſtörung der Maſſe der Cornea, welche leicht nach Eingriffen dieſer Art erfolgt. Die Natur ſelbſt kann nur dadurch helfen, daß ſie die undurchſichtigen in einem geronnenen Zuſtande befindlichen Theile der Hornhaut aufſaugt und durch neue durchſichtigere erſetzt. Hierauf beruht die Anwendung von örtlichen Reizmitteln, welche wir nicht ſelten bei Flecken oder Trübungen der Cornea verſuchen. Daß übrigens auch ähnliche Leiden daraus hervorgehen können, daß ſich Erſudate auf oder zwiſchen den Blättern derſelben abſetzen, bedarf keiner näheren Erläuterung.

Flottiren ſehr kleine Körperchen in der wäſſerigen Feuchtigkeit, ſo trüben ſie das Sehen mehr oder minder und kehren, wie wir ſpäter wahrnehmen werden, in dem ſubjectiven Geſichtsfelde wieder. Haben ſich größere Maſſen von Blut, Erſudat, Eiter u. dgl. in der vorderen Augenkammer abgeſetzt, ſo wirken dieſe fremden Subſtanzen ebenfalls als trübe Medien und hindern das Sehen, wenn ſie das Durchdringen der Lichtſtrahlen unmöglich machen.

Jede entzündliche Affection der Regenbogenhaut wird dadurch doppelt gefährlich, daß das Sehloch in Folge der Affection verwachſen oder die Eigenſchaft der Iris als bewegliches Diaphragma zu dienen, mehr oder minder verloren gehen kann. Der letztere Fehler vermag auch ſchon durch Lähmungen der Ciliarnerven zu entſtehen. Den Mangel des Sehloches aber kann eine künſtliche, vor erneuerter Verwachſung geſchützte Oeffnung aus Gründen, die wir ſpäter kennen lernen werden, erſetzen.

Die Subſtanz der Kryſtalllinſe zeigt in vielen Beziehungen eine faſt noch größere Empfindlichkeit, als die der Hornhaut. Sie trübt ſich ſehr leicht durch höhere Temperatur, durch Säuren und ſauere Salze. Es ſetzen ſich dann an und zwiſchen den einzelnen Faſerlagen kleine halbdurchſichtige bis undurchſichtige Körnchen ab, welche die Trübung der Subſtanz derſelben noch erhöhen. Alle dieſe Veränderungen können auch krankhafter Weiſe eintreten. Die Linſe verdunkelt ſich alsdann und liegt als eine weißliche undurchſichtige Maſſe hinter der Pupille und macht es unmöglich, daß die Licht-

ſtrahlen bis zur Netzhaut gelangen. Wir haben auf dieſe Art den grauen Staar (Cataracta lentis). Hier ſcheint ſich in der Regel zuerſt die Bindemaſſe der centralen Faſern und dann die Subſtanz der letzteren ſelbſt zu trüben [1]). Indem der Proceß von der Mitte nach der Peripherie weiter fortſchreitet, ſetzen ſich feine Körnchen in immer größerer Maſſe ab. Es erſcheinen ſelbſt fremde Körper, wie Kryſtalle, Kalkkörnchen oder vollſtändige Knochenablagerungen, Eingeweidewürmer u. dgl. Nicht ſelten ſpringt dabei die Linſe in ähnliche, durch ihre Structur beſtimmte Segmente, wie wir dieſes häufig in Folge von Druck oder der Wirkung der Maceration und des kalten Waſſers wahrnehmen. Sind umgekehrt im Leben Riſſe der Art entſtanden, ſo iſt eine Verdunkelung der Linſe die gewöhnliche Folge des Leidens. Daß überhaupt die Klarheit derſelben nur durch die fortwährende Einwirkung des Ernährungsproceſſes zu Stande kommt, lehren die bedeutenden Trübungen, welche immer kurze Zeit nach dem Tode eintreten. Ihre Urſache ſcheint in der Säurebildung, welche den Fäulnißproceß begleitet, zu liegen. Für alle dieſe Einwirkungen ſind die ausgebildetſten Linſenfaſern, d. h. die centralen, am empfänglichſten.

Eine große Geneigtheit zu ſolchen Störungen der Durchſichtigkeit wird durch den Entwickelungsproceß der Linſe ſelbſt bedingt. Sie erhält nämlich im Normalzuſtande nach dem 25ſten Lebensjahre eine gelbliche Färbung, die ſpäter immer mehr zunimmt, bis ſie endlich in höherem Alter vollkommen bernſteingelb wird. Wie ſchon Petit bemerkte, findet ſich dieſe Eigenthümlichkeit gleich der des gelben Fleckens der Netzhaut einzig und allein bei dem Menſchen [2]) (und vielleicht einzelnen Affen). Auch werden wir in der Folge eine Hypotheſe kennen lernen, welche dieſe Uebereinſtimmung zu erklären ſucht. Eine ſolche Veränderung muß aber ſchon die Bildung des grauen Staares begünſtigen. Geſellt ſich nun noch ein minder lebhafter Ernährungsproceß und eine größere Geneigtheit, unorganiſche Subſtanzen abzuſetzen, wie dieſes bei alten Leuten der Fall iſt, hinzu, ſo wird die Erzeugung der Cataracte in höheren Jahren, was auch die Erfahrung beſtätigt, vorzugsweiſe begünſtigt ſein. Wie die Linſe ſelbſt, ſo können auch Verdunkelungen der Linſenkapſel, ſogenannte reine Kapſelſtaare, zu ähnlichen Störungen des Sehens Veranlaſſung geben [3]).

Sind die Trübungen der Linſenſubſtanz nur partiell, ſo erſcheinen ſie bisweilen der Structur der Linſe entſprechend regelmäßig vertheilt, ſo daß reguläre helle Stellen zwiſchen ihnen übrig bleiben. Jeder undurchſichtige Theil wirkt daher wie ein Diaphragma und jeder hellere Zwiſchenraum gleich einer geſonderten Oeffnung. Es muß mithin ein Lichtbündel, welches durch die Pupille auf die Kryſtalllinſe ausſtrahlt, in eine Menge einzelner Portionen abgeſchnitten werden, ſo daß ſich kein einfaches, ſondern eine Reihe undeutlicher Bilder auf der Netzhaut darſtellt. Solche Menſchen ſehen daher nicht bloß die Gegenſtände unklar, ſondern auch vervielfacht [4]).

Eine eigenthümliche, nach Verſchiedenheit der Bedingungen abweichende Art von Spiegelungserſcheinungen tritt ſowohl bei dieſen Krankheitszuſtänden als in dem Normalverhältniſſe des Auges hervor. Hält man ein brennendes Licht in einer beſtimmten Entfernung vor der convexen Oberfläche eines Uhrglaſes, ſo erſcheint das Bild deſſelben grade, während es ſich, wenn die Flamme vor der concaven ſteht, umgekehrt darſtellt. Befindet ſie ſich vor zwei Uhrgläſern, welche linſenartig combinirt worden, ſo ſieht man eine grade und eine verkehrte Abbildung. Die letztere verſchwindet, ſo wie man die hintere Fläche der Verbindung trübt, die erſtere dagegen nach gleicher Behandlung der vorderen. In dem geſunden Auge des Menſchen können vier Spiegelungsbilder, nämlich drei grade und ein verkehrtes der ähnlichen Verhältniſſe wegen erzeugt werden. Jene rühren dann von den beiden Oberflächen der Hornhaut und der Vorderfläche der Kryſtalllinſe, dieſes von der Hinterfläche der letzteren her (Purkinje). Erweiterung der Pupille begünſtigt natürlich die Erſcheinungen, während die Verengerung derſelben

---

[1]) J. Vogel Icones Histologiae pathologicae. Lipsiae, 1843. 4. p. 125 Tab. XXVI. Fig. 8. C. G. T. Ruete klinische Beiträge zur Pathologie und Physiologie der Augen und Ohren. Erstes Jahresheft. Braunschweig, 1843. 8. S. 183. 184.

[2]) S. Th. v. Soemmerring Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen des menſchlichen Körpers. Umgearbeitet und beendigt von E. Huſchke. Leipzig, 1844. 8. S. 787.

[3]) S. G. Hoering Ueber den Sitz und die Natur des grauen Staares. Heilbr., 1844. 8.

[4]) R. Wagner Lehrbuch der ſpeciellen Phyſiologie. Zweite verbeſſerte Auflage. Leipzig, 1843. 8. S. 389. Ruete a. a. O. S. 185.

ſie undeutlicher macht (Sanſon) [1]). Daß das Ausbleiben des einen Bildes behufs der Diagnoſe von Trübungen, welche in der vorderen oder der hinteren Wand der Linſe ihren Sitz haben, benutzt werden könne, verſteht ſich von ſelbſt.

Der Glaskörper verhält ſich in den hier zu betrachtenden Punkten ähnlich wie die wäſſerige Feuchtigkeit. Da er im Erwachſenen von keinem größeren Blutgefäßſtamme, wie im Fötus, durchdrungen wird, ſo ſetzen ſich höchſtens kleine Körperchen in ihm ab oder ſeine Geſammtmaſſe erleidet eine ſtörende Verdunkelung. Inwiefern übrigens alle ſolche Verhältniſſe das Brechungsvermögen der Augenmittel abändern, iſt noch gänzlich unbekannt.

Der Mangel des Choroidealpigmentes hebt natürlich die Abſorption der durch die Netzhaut durchdringenden Lichtſtrahlen auf. Es muß daher ſchon nur mäßiges Licht blendend wirken. Wir ſehen dieſes auch bei Albinos, welche immer die Augen behufs größerer Beſchattung ſtark zuſammenkneifen oder jedes irgend bedeutende Licht geradezu zu ertragen außer Stande ſind. Setzen ſich Ausſchwitzungsmaſſen, welche in Folge einer Entzündung der ſo gefäßreichen Choroidea entſtehen, zwiſchen dieſer und der Netzhaut ab, ſo wird hierdurch nicht nur der dunkele Grund des Auges in ſeinem Ausſehen modificirt und mit einer grünlichen Färbung verſehen, ſondern auch die Netzhaut auf dieſe Art verrückt und in Folge des Druckes atrophiſch gemacht und gelähmt. Es bildet ſich daher der grüne Staar oder das Glaucom aus [2]). Aehnliche abweichende Farbennuancen des Augengrundes haben wir auch bei beginnenden Markſchwammentartungen und analogen Leiden des Sehnerven, der Netzhaut u. dgl.

Die Richtigkeit dieſer Deduction läßt ſich an dem noch friſchen Auge 1041
jeder menſchlichen Leiche nachweiſen. Präparirt man daſſelbe vollkommen frei, ſchneidet ein Stückchen aus der Sklerotica nach außen von dem Sehnerven und in gleichem Niveau mit dieſem heraus und entfernt an dieſer Stelle die Choroidea, nicht aber die Netzhaut, ſo ſpiegelt ſich eine Lichtflamme, welche ungefähr 8 bis 12 Zoll vom Auge entfernt iſt und deren Strahlen durch die Pupille dringen, ſehr ſchön in einem umgekehrten ſcharfen und verkleinerten Bilde auf der Retina ab. Iſt dieſe dagegen verletzt, ſo daß der hintere Theil des Glaskörpers die Auffaſſungsmaſſe darſtellt und der matte Grund fehlt, ſo bleibt auch das Bild im Ganzen oder wenigſtens mit aller nöthigen Schärfe aus. Selbſt an menſchlichen Augen, welche ſchon einige Tage alt und deren Cornea ſogar deshalb bedeutend getrübt war, brachte ich auf dieſe Weiſe ein ziemlich helles Bild der Kerzenflamme in einem verdunkelten Zimmer zu Stande. Es wurde bedeutend ſchärfer, ſobald die vordere Fläche des Auges mit einer Schicht reinen Waſſers bedeckt war und verlor in gleichem Maaße, als dieſes verdunſtete, an Schärfe. Man hat alſo zugleich auf dieſe Art einen unmittelbaren Beweis, wie ſehr die Thränen den Act des Sehens verdeutlichen können.

Noch beſſer gelingen ſolche Verſuche, wenn man die Augen unmittelbar vorher getödteter Thiere, z. B. von Kaninchen nimmt. Hierzu ſind nicht gerade Albinos nöthig. Auch braune Thiere leiſten dieſelben Dienſte, wenn man nur die Choroidea an der künſtlich gemachten Skleroticallücke

[1]) J. E. Purkinje Commentatio de examine physiologico organi visus et systematis cutanei. Vratislaviae, 1823. 8. p. 21. 28. Tab. I. Fig. 1–5. Repertorium Bd. IV. 1839. 8. S. 335. 36.

[2]) J. L. C. Schröder van der Kolk Anatomisch Pathologische Opmerkingen over de Onsteking van eenige inwendige Deelen van het Oog, en bizonder over Choroiditis als Oorzaak. Utrecht, 1841. 4. Tab. I. Fig. III.

vorſichtig und ohne Verletzung der Retina entfernt. Man iſt dann im Stande, das Bild eines Fenſterkreuzes, eines Schloſſes, eines gegenüberſtehenden Hauſes und dgl. ſehr ſcharf umgekehrt und verkleinert ſchon bei gewöhnlichem Tageslichte zu erhalten. Hat aber das Auge nur einige Stunden nach dem Tode gelegen, oder iſt die Oberfläche der Cornea vertrocknet, ſo verliert die Darſtellung an Schärfe und Deutlichkeit.

Zu demſelben Reſultate gelangt man, wenn man die Grundverhältniſſe des Auges nachbildet. Einen recht geeigneten Apparat der Art, der auch noch zu anderen demonſtrativen Zwecken brauchbar wird und in Fig. 127 in einem mittleren ſenkrechten Längendurchſchnitte dargeſtellt iſt, hat Gerber conſtruirt. Eine mit einem unteren Stiele a verſehene Schuhmacherlampe b wird mit Weingeiſt gefüllt. Sie hat an ihrer ſpäteren Hinterwand einen matten Grund, der am einfachſten durch ein aufgeklebtes trockenes und dünnes Stück Bauchfell oder Pleura c d erzielt wird. Als Hülle derſelben dient eine vollkommen geſchwärzte Kapſel, welche aus einer vorderen und einer hinteren Hälfte beſteht. Jene e f g h verlängert ſich in ihrer Mitte zu einem Rohre i f' g' k, das ebenfalls geſchwärzt in ſeiner vorderen Oeffnung eine ſchwach biconvexe Glaslinſe i' l k' trägt. An dem oberen Rande ſeines hinteren Endes befindet ſich ein Ausſchnitt, in welchen mit verſchieden großen Oeffnungen und Spalten verſehene Kartenblätter m n oder Diaphragmen als Repräſentanten der Iris eingeſchoben werden können. Die hintere Hälfte der ſchwarzen Umhüllungskapſel hat einen irisförmigen Ausſchnitt o p, welcher dem matten Grunde c d entſpricht. Behufs des beſſeren Verſchluſſes exiſtirt noch ein aus Pappendeckel verfertigter ſchwarzer hohler Stiel a, Fig. 128, welcher ſich in zwei ſeitliche Blätter b und c verlängert und den Vereinigungsrand der vorderen und der hinteren Hälfte der Umhüllungskapſel deckt. Seine oberſten Theile d e werden dann durch einen ſchwarzen aus Pappe beſtehenden Deckel q r s, Fig. 127, zuſammengehalten.

Fig. 127.

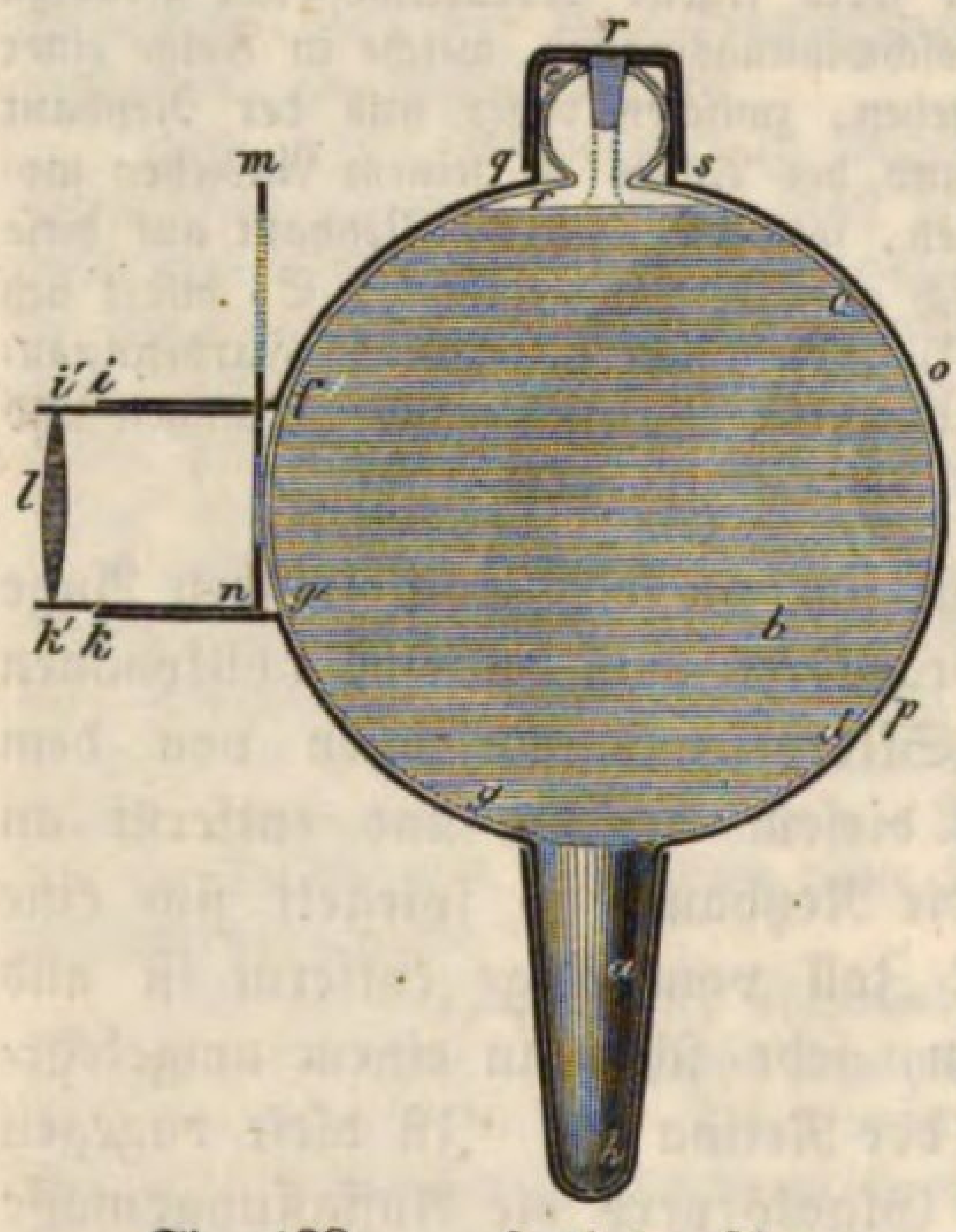
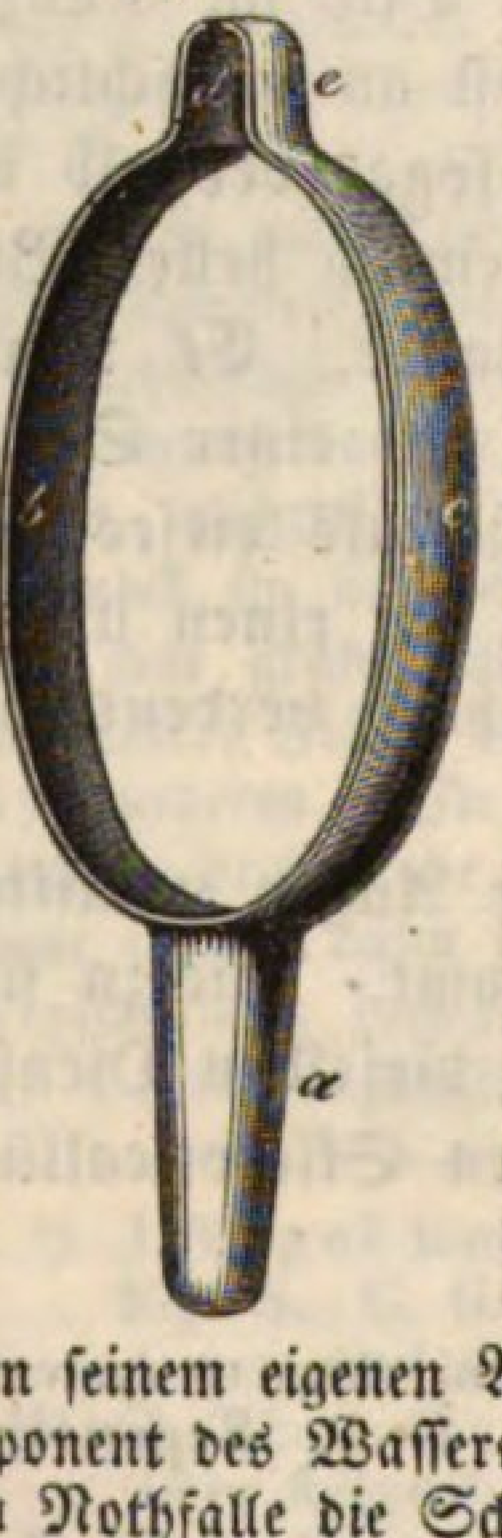


Fig. 128.



Der Durchmeſſer der Schuhmacherlampe betrug bei der von mir gebrauchten Vorrichtung 12 Centimeter, der der Pupille 1 Centimeter und der Focus der vorn angebrachten biconvexen Linſe 9 Centimeter. Das Sehloch konnte zu anderen ſpäter zu erwähnenden Zwecken bis zu einem Diameter von 3 Millimeter verkleinert werden. Eben ſo vermochte man vorn ſtatt der erwähnten biconvexen Linſe eine ſolche von 6 Centimeter Focaldiſtanz einzufügen.

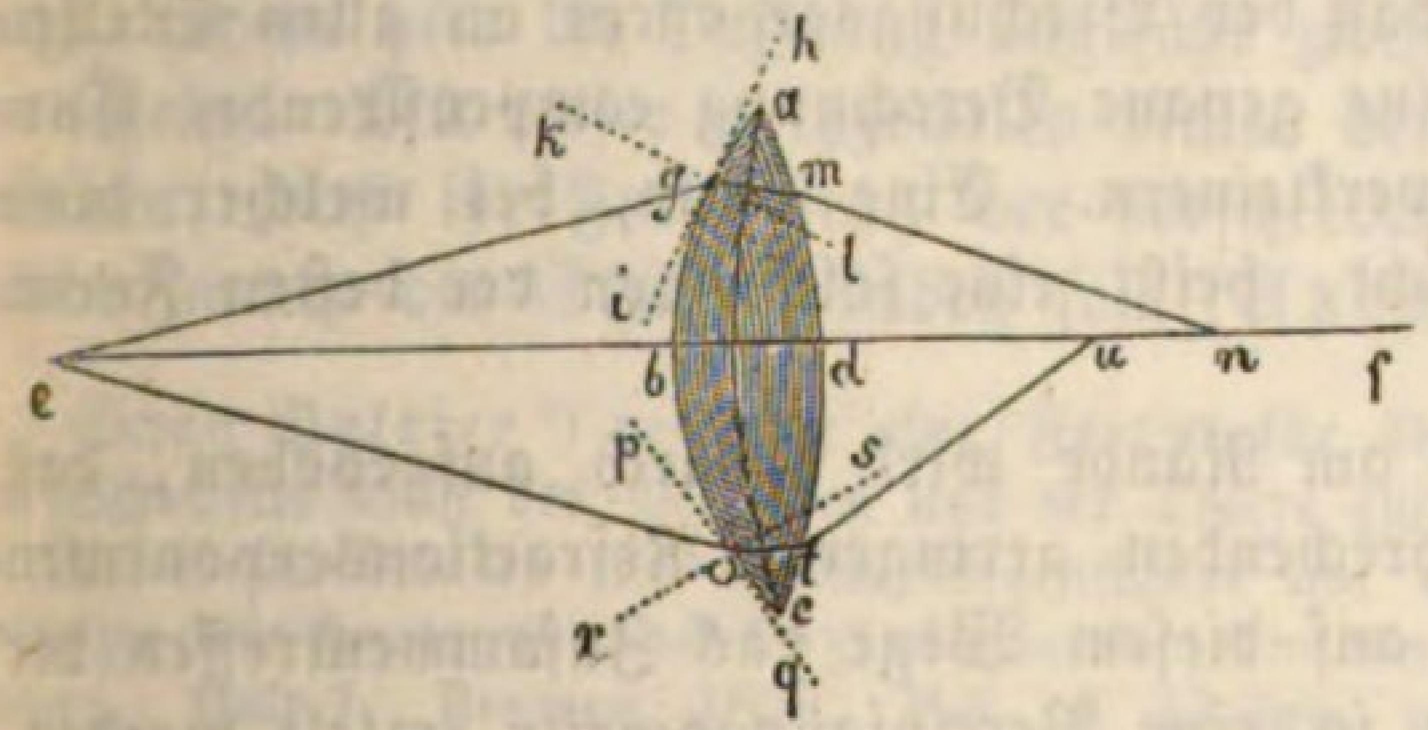
Läßt man nun die Lichtſtrahlen eines Gegenſtandes mittelſt dieſes Apparates durch die Linſe und die Pupille fallen, ſo erhält man ein umgekehrtes Bild deſſelben, das an der matten thieriſchen Haut erſcheint. Man kann das letztere auf dieſe Art von einem Fenſtergitter, einem gegenüberſtehenden Hauſe, ja eines beträchtlichen Theiles einer Landſchaft bei hellem Tageslichte bis in die kleinſten Details bekommen. Auch die Farben der Objecte geben ſich meiſt im Ganzen, wenn man die gehörige Entfernung von ihnen ſowohl, als von ſeinem eigenen Auge getroffen hat, befriedigend rein wieder. Da der Brechungsexponent des Waſſers 1,3358, der des Alkohols dagegen 1,372 iſt, ſo kann man auch im Nothfalle die Schuhmacherlampe mit dem erſteren Medium füllen. Unter ſonſt gleichen Verhältniſſen erhalten dann die Bilder naher Gegenſtände eine hinreichende Schärfe, während die entferntern Objecte verwiſchter erſcheinen, jedoch etwas beſtimmter werden, wenn ſich die Diſtanz des eigenen Auges von dem Apparate vergrößert.

Dreht man die Weingeiſtkugel ſo, daß nicht ihre mit dem matten Häutchen überzogene Fläche, ſondern ein anderer Theil derſelben vor der hinteren Oeffnung der Kapſel liegt, ſo erhält man keine Darſtellung äußerer Gegenſtände. Man erzeugt dagegen Halbbilder derſelben, wenn ſich nur die Hälfte der matten Haut vor der hinteren Oeffnung der ſchwarzen Umhüllung befindet.

Auch die Verkleinerung oder Vergrößerung der Spiegelbilder läßt ſich mittelſt deſſelben Apparates unmittelbar zeigen. Die Bäume einer entfernteren Landſchaft ſtellen ſich ſehr verkleinert dar. Etwas größer, doch immer noch in ſehr verringertem Maaßſtabe erſcheinen die Fenſter eines gegenüberſtehenden Hauſes und noch größer die Stäbe eines Fenſtergitters der Stube, in welcher wir experimentiren. Das Bild wird aber um ſo verwiſchter, je mehr wir die Vorrichtung dem Objecte nähern, bis es endlich gänzlich verſchwindet. Daß alle dieſe Darſtellungen umgekehrt ſind, verſteht ſich von ſelbſt

Der eigenthümliche Bau der Kryſtalllinſe, nach welchem dieſes Organ 1042
aus concentriſchen Schichten von verſchiedener Dichtigkeit und ungleicher Brechkraft beſteht, erfordert noch bei dieſen Verhältniſſen eine beſondere Unterſuchung. Wir haben nämlich bis jetzt nur die Centralſtrahlen, d. h. bloß ſolche berückſichtigt, welche mit der Achſe der Linſe ſo kleine Winkel bildeten, daß ſie bei der Deduction ohne erheblichen Fehler unberückſichtigt bleiben konnten. Dieſes vorausgeſetzt erhielten wir für jede Sammellinſe eine und dieſelbe poſitive Vereinigungsweite, in welcher alle gebrochenen Strahlen zuſammentreten. Ganz anders verhält ſich aber die Sache, wenn die Neigungen gegen die Achſe ſo groß werden, daß man ſie berückſichtigen muß, und ſie daher keine bloßen centralen, ſondern, wie man ſich ausdrückt, Randſtrahlen ſind. In dieſem Falle rückt ihre Vereinigungsweite, ſowohl bei Sammel= als bei Zerſtreuungslinſen, den letzteren um ſo näher, je mehr der Strahl von der Achſe entfernt iſt. Geſetzt alſo, abcd ſei ein biconvexes, aus zwei gleichen, aber entgegengeſetzten Kugelflächen beſtehendes Refractionsmedium, und ef ſeine Achſenverlängerung,

Fig. 129.

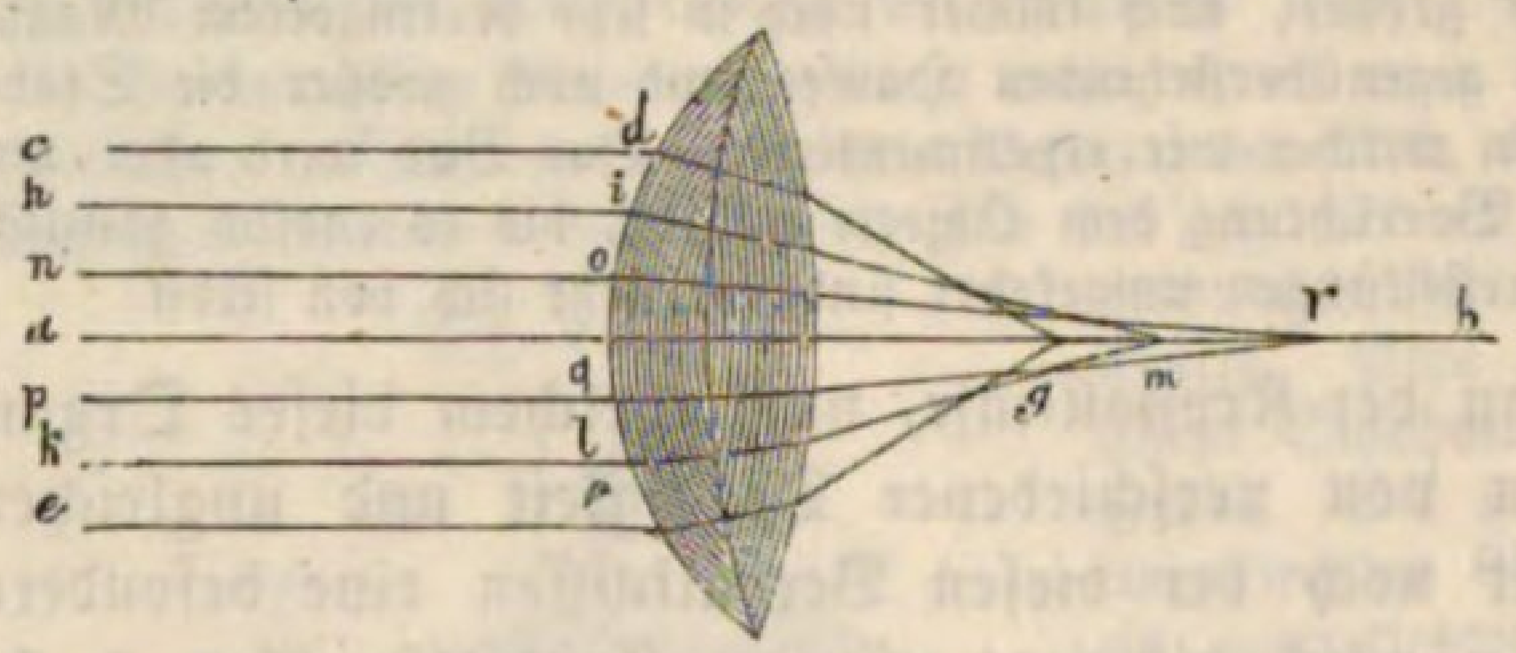


ſo wird ein Strahl eg, wenn hi die Tangente und kl das Einfallsloth iſt, unter dem Winkel egk in die Linſe eintreten, in der Richtung gm durch dieſelbe hindurchgehen und dann als mn verlaufen, mithin in n die Achſenverlängerung ef ſchneiden. Ein Strahl eo dagegen, welcher einen größeren Winkel mit der Achſenverlängerung bildet (ſo daß $\angle$ beo $>$ $\angle$ geb) und daher einen entfernteren Randſtrahl darſtellt, wird in pq ſeine Tangente, in rs ſein Einfallsloth und in eor ſeinen Einfallswinkel haben. Dieſes iſt aber größer als ekg, weil o an dem Kreisbogen coga weiter von der Mitte entfernt liegt als b. Folglich wird auch die Brechung ot ſtärker ſein als es gm war. Es muß daher tu in u die Achſenverlängerung früher ſchneiden als mn, d. h. der Abſtand der Vereinigungsweite des mehr entfernten Randſtrahles von der Linſe wird geringer als der des näheren ausfallen.

Wir haben in Fig. 129 ein Beiſpiel, in welchem die Strahlen aus

einer endlichen Entfernung eb kommen. Denken wir uns aber die Diſtanz ſehr groß, ſo werden die benachbarten Strahlen unter ſo kleinen Winkeln dahingehen, daß man ſie ohne Fehler als parallel anſehen kann. Auch für dieſen Fall bleibt das angeführte Theorem gültig. Wenn z. B. ab die Achſenverlängerung darſtellt, ſo durchſetzen cd und ef die Achſenverlängerung in g, hi und kl in m und no und pq in r. Wir erhalten auf dieſe Weiſe eine Reihe von ſucceſſiven Punkten, welche die differenten Randſtrahlen bilden. Die Curve, welche durch die Durchſchnittspunkte der ungleich abgelenkten näheren und entfernteren Randſtrahlen beſchrieben wird, heißt die durch Brechung entſtandene Brennlinie.

Fig. 130.



1043 Da nur dann, wenn alle Strahlen in Einem Punkte zuſammentreten, deutliche Bilder entſtehen, ſo müſſen die Unterſchiede in den Vereinigungsweiten der Randſtrahlen eine Unklarheit der Darſtellung erzeugen. Man nennt dieſes in der Optik die *ſphäriſche Aberration*. Sie fällt natürlich um ſo größer aus, je gekrümmter die Oberflächen der Linſen ſind, d. h. je größere Bogenabſchnitte eines Kreiſes mit kleinerem Radius ſie beſitzen. Wir können ihr aber außer den ſchon früher (§. 1030) erwähnten Mitteln, durch welche wir überhaupt die nicht centralen Strahlen zu eliminiren ſuchen, auf zweierlei Wegen entgegenarbeiten.

1) Iſt das Refractionsmedium gleichartig aus einer und derſelben Subſtanz zuſammengeſetzt, ſo daß der Brechungsexponent an allen Stellen derſelbe bleibt, ſo kann nur eine genaue Berechnung compenſirender Curven die ſphäriſche Aberration verkleinern. Eine Linſe, bei welcher dieſe Correction ihr Maximum erreicht, heißt eine ſolche von der beſten Form. Oder

2) Die größere Brechung am Rande wird dadurch aufgehoben, daß das Medium hier einen entſprechenden geringeren Refractionsexponenten hat. Natürlicher Weiſe kann auf dieſem Wege das Zuſammentreffen der verſchiedenartigen Randſtrahlen in eine Vereinigungsweite erzielt werden. Es muß aber dann die Brechkraft von dem Centrum nach der Peripherie der Linſe ganz allmälig abnehmen, wenn das Deſiderat vollſtändig erlangt werden ſoll.

Eine genaue Realiſation des letzteren Problemes iſt dem Optiker ſo gut als unmöglich. Die Natur dagegen löſt zunächſt dieſe Aufgabe auf das Exacteſte, indem ſie in der Linſe eine ſehr große Zahl mikroſkopiſch dünner Schichten um ihren Mittelpunkt legt und deren Brechkraft nach der Peripherie hin ſtetig abnehmen läßt. Ein Randſtrahl wird daher, je weiter er von der Achſe entfernt iſt, um ſo weniger gebrochen und erhält deshalb auch vermuthlich dieſelbe Vereinigungsweite wie der ſtärker abge=

lenkte centralere Strahl. Ueberdies ſind elliptiſche Oberflächen, wie ſie die Vorderfläche der Kryſtalllinſe darbietet, am meiſten geeignet, die ſphäriſche Aberration gänzlich zu verhüten. Es können mithin alle Bilder, ſie gehen durch welche Stelle der Kryſtalllinſe ſie wollen, auf die Netzhaut fallen. Ob eine ähnliche Ausgleichung durch die verſchiedenen Krümmungsarten der vorderen und der hinteren Fläche der Cornea erzielt wird, ob ſie eine Linſe von beſter Form darſtellt oder ob ihre einzelnen Lamellen, was minder wahrſcheinlich ſein dürfte, differente Brechkräfte haben, iſt bis jetzt unbekannt. Eben ſo wenig wurde noch auf ſtreng optiſchem Wege erhärtet, ob nicht die gegenſeitige Combination der Augenmedien die ſphäriſche Abweichung im Ganzen in ähnlicher Art unmöglich macht, wie wir dieſes bei optiſchen Inſtrumenten durch die Combination mehrerer ungleich brechender Medien zu erreichen ſuchen. Daß die Vollkommenheit, mit welcher die Natur Alles einrichtet, für eine ſolche Annahme ſpreche, verſteht ſich von ſelbſt.

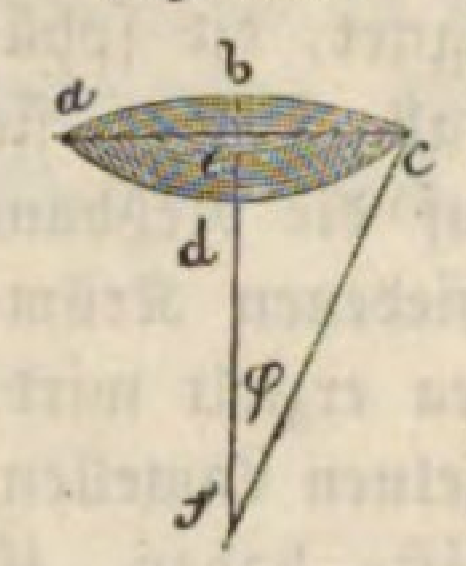
Die polyzonalen Linſen, welche z. B. Fresnel für Leuchtthürme an- 1044
gegeben, um das Licht intenſiver zu erhalten und weiter zu verbreiten, beſtehen aus entſprechend gekrümmten Medien, welche um einander gelagert und deren Krümmungsflächen dergeſtalt berechnet ſind, daß ihre Brennpunkte in einen Ort zuſammenfallen. Dieſe Einrichtung macht aber noch einen Nebenvortheil möglich. Die Oeffnung einfacher Linſen nämlich, d. h. der Winkel, unter welchem die beiden Endpunkte ihres Durchmeſſers von ihrem Brennpunkte aus erſcheinen, darf nicht mehr als 10° bis 12° oder höchſtens 15° betragen, wenn die Randſtrahlen keine Störung verurſachen ſollen. Bei den Fresnel'ſchen polyzonalen Linſen dagegen gleicht ſie ohne Schaden 40°. Es läßt ſich durch Berechnung zeigen, daß die Natur bei der Kryſtalllinſe des Menſchen die gleichen günſtigen Verhältniſſe benutzt, indem hier die Oeffnung ungefähr zwiſchen 45° und 50° zu ſchwanken ſcheint. Mit dieſer polyzonalen Natur derſelben hängt es vielleicht zuſammen, daß ihr Focus trotz der verſchiedenen Entfernungen der Gegenſtände immer der Gleiche bleiben ſoll (Adda und Haldat).

Schon Peltier [1]) verſuchte eine Formel für den Durchgang der Strahlen durch die geſchichtete Linſe des Menſchen und der Thiere aufzuſtellen. Später beſchäftigte ſich G. R. Treviranus mit dieſem Gegenſtande auf ausführliche Weiſe. Siehe deſſen Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge des Menschen und der Thiere. Heft I. Bremen, 1828. Fol. S. 13 fgg. und ſeine Beiträge zur Aufklärung der Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens. Bd. I. Heft I. Bremen, 1836. 8. S. 1—80. Vergl. dagegen R. Kohlrauſch über Treviranus' Anſichten vom deutlichen Sehen in die Nähe und Ferne, namentlich in Beziehung auf deſſen Anſichten über die blättrige Textur der Kryſtalllinſe als Grund dieſes Vermögens. Rinteln, 1836. 4. S. 5 fgg.

Was die Oeffnung der Linſe betrifft, ſo ſei die letztere, die wir uns als ſphäriſch denken wollen, a b c d. Ihr Durchmeſſer a c gleicht, wenn wir uns an die §. 1039 verzeichneten Maaße von Krauſe halten, nach dem einen Auge 4''',0, nach dem anderen 4''',1. Folglich e c = 2''',0 bis 2''',05. Ihre Achſe b d war in jenem = 3''',1, in dieſem dagegen 2''',0, und zwar betrug in dem erſteren Falle e b = 1''',3 in dem letzteren = 0''',85,

[1]) Nach Muncke in Gehler's physikalischem Wörterbuch. Bd. IV. Leipzig, 1828. 8. S. 1369.

Fig. 131.



während d e = 1‴,8 und 1‴,15 glich. Denken wir uns nun die Linſe als ſphäriſch, ſo hätte ſie in dem erſteren Auge einen Radius ihrer vorderen Krümmung = 2‴,1885 und einen ſolchen ihrer hinteren = 2‴,0111 (§. 1045). Geſetzt nun, f d ſei ihre Hauptbrennweite und 1,3841 ihr Brechungsexponent, ſo haben wir nach § 1045

$$\text{fd} = \frac{2{,}1885 \times 2{,}0111}{0{,}3841 \times (2{,}1885 + 2{,}0111)} = 2''' {,}7285.$$

Mithin $\text{ef} = 2''',7285 + 1''',8 = 4''',5285$.
Es iſt aber

$$\text{tang. } \varphi = \frac{\text{e c}}{\text{e f}} = \frac{2{,}0}{4{,}5285} = \text{tang. } 23^\circ\ 49'\ 42''.$$

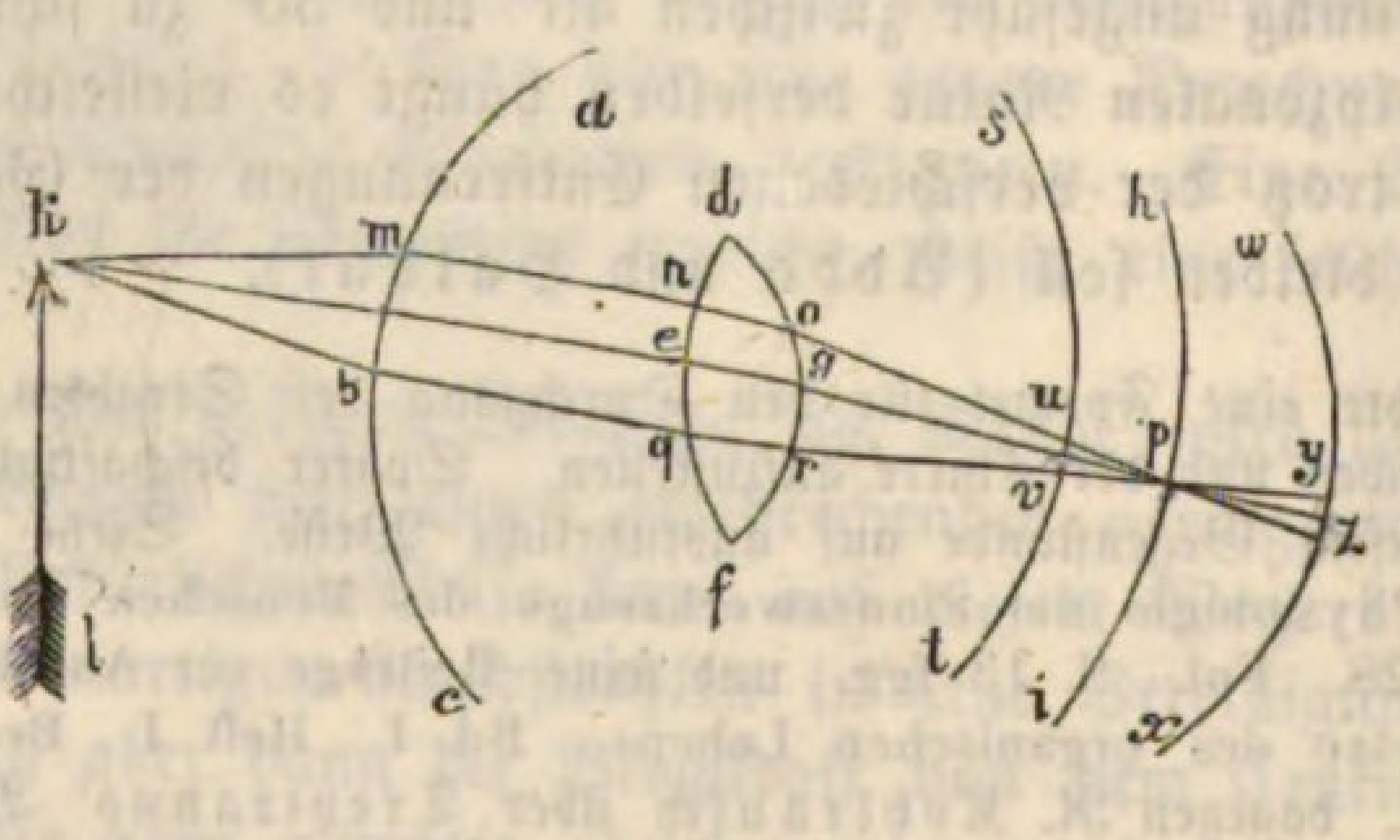
Es glich daher die Oeffnung der Linſe 47° 39′ 24″.

In dem zweiten Auge erhalten wir als Radius der vorderen Linſenkrümmung 3‴,3220 und als ſolchen der hinteren 2‴,4022. Dieſes giebt eine Hauptbrennweite von 3‴,6296. Der Oeffnungswinkel beträgt hiernach 46° 25′ 46″.

Die Angabe von Brewſter [1]), daß der Focus der menſchlichen Linſe 1,73 engl. Zoll = 19,479 pariſer Linien betrage, kann nur auf einem Schreib- oder Druckfehler beruhen. Läßt man ein entferntes Bild, z. B. eines Fenſterkreuzes durch ein auf geeignete Weiſe aufgeſtelltes Glasprisma und dann durch eine in eine gehörige Faſſung gebrachte Kryſtalllinſe des Menſchen oder eines Schaafes durchgehen, ſo wird man leicht finden, daß die Hauptbrennweite, wie es die Rechnung ergiebt, 3‴—4‴ beträgt. An der nicht mehr vollkommen hellen eines 40jährigen Mannes fand ich ſie 14 Stunden nach dem Tode durch unmittelbare Beobachtung zu ungefähr 3‴,5.

1045 Das auf der Netzhaut erſcheinende Bild wird ſich nur dann vollkommen rein und klar darſtellen, wenn alle von einem jeden Punkte des äußeren Gegenſtandes ausgehenden Strahlenkegel durch die verſchiedenen Medien des Auges ſo gebrochen werden, daß ſie ſich wiederum auf der Retina in einem und demſelben Punkte ſammeln. Geſchieht dieſes nicht, ſo muß auch die Deutlichkeit des Bildes hierunter leiden, indem dann ſogenannte Zerſtreuungskreiſe entſtehen. Halten wir uns z. B. an die Hauptbrechungsmedien des Auges, ſo ſei a b c die Hornhaut, d e f g die Kryſtalllinſe, h i der gegenüberliegende Theil der Netzhaut und k l ein äußerer ſichtbarer Gegenſtand, ſo werden die äußerſten Lichtbündel, welche von dem Punkte k ausgehen, die gebrochene Bahn k m n o p und k b q r v durchlaufen und ſich in einem Punkte p wieder vereinigen. Fällt dieſer gerade auf die Netzhaut h i, ſo wird auch k vollkommen ſcharf und deutlich geſehen werden können. Geſetzt aber, die Retina läge nicht in h i, ſondern in s t, d. h. vor dem Durchkreuzungspunkte p, ſo müſſen wir ſtatt eines Correſpondenzpunktes p die Ausdehnung u v haben. Denken wir uns aber alle von k ausgehenden Lichtbündel in Geſtalt eines Kegels,

Fig. 132.



[1]) D. Brewſter populäres vollſtändiges Handbuch der Optik. Ueberſetzt von Hartmann. Quedlinburg und Leipzig. Bd. II. 1835. 8. S. 74.

der in k ſeine Spitze hat, ſo muß uv einem größeren Kreiſe, als der materielle Punkt p iſt, entſprechen und daher einen Zerſtreuungskreis darſtellen. Das Gleiche wird der Fall ſein, wenn die Netzhaut wx hinter p liegt. Die Strahlen weichen in py und pz aus einander, und wir erhalten einen Zerſtreuungskreis yz.

Die Vereinigungsweite p der von k kommenden Lichtſtrahlen iſt nur für parallele Strahlen, d. h. ſolche aus einer unendlichen Entfernung conſtant, wechſelt dagegen mit jeder endlichen Diſtanz des Objectes. Denken wir uns nun die Theile des Auges unveränderlich, ſo muß es beſtimmte Grenzen der Entfernung geben, in welchen das Bild der Gegenſtände genau entſprechend auf die Netzhaut fällt, während dieſſeit oder jenſeit dieſes Abſtandes Zerſtreuungskreiſe entſtehen. Man nennt jene paſſende Diſtanz die **mittlere Sehweite.**

Mehrere Forſcher ſuchten ſchon früher den Abſtand der Vereinigungsweite der Bilder äußerer Gegenſtände von der Hornhaut oder der Linſe aus den Größen der einzelnen Gebilde des Auges und den Brechungsexponenten derſelben zu ermitteln. Beſtimmungen der Art wurden ſchon von Klügel, Hutton, Olbers und Muncke verſucht. Siehe Prieſtley's Geſchichte der Optik. Ueberſetzt von Klügel. Zweiter Theil. Leipzig, 1776. 4. S. 465. 66. Cajetani Poor Theoria sensuum cum propriis tum proratissimorum nostrae aetatis philosophorum rationibus ac experimentis illustrata et confirmata. Pestini, 1781. 8. p. 140. 41. H. W. M. Olbers de oculi mutationibus internis. Gottingae, 1780. 4. p. 4. 5. Muncke in Gehler's physikalischem Wörterbuch. Bd. IV. Leipzig, 1828. S. 1366—67. Bei allen dieſen Bemühungen aber ſind nur die Hornhaut mit der wäſſerigen Feuchtigkeit und die Kryſtalllinſe berückſichtigt, der geſchichtete Bau der letzteren dagegen außer Acht gelaſſen und die Oberflächen der ſämmtlichen brechenden Medien als ſphäriſch angeſehen worden. Da der relative Brechexponent der Cornea in den Humor aqueus = 1,0055 iſt (§. 1037), ſo betrachtete man beide als Ein Medium. Ebenſo beträgt, wie wir angeführt haben, der abſolute Refractionsexponent des Humor aqueus 1,3373 und der des Glaskörpers 1,3392. Es gleicht mithin der relative Brechungsexponent des erſteren in den letzteren nur 1,0014. Aus dieſem Grunde ſah man das Verhältniß ſo an, als trete der Lichtſtrahl nach ſeinem Durchgange durch die Kryſtalllinſe in daſſelbe Medium, aus dem er früher gekommen, zurück.

Halten wir uns nun zunächſt an die von Olbers gebrauchten Formeln, welche auch von Muncke unverändert in Anwendung gezogen worden, ſo ſeien:

Der Halbmeſſer der Hornhautkrümmung . . . . = ϱ
der Radius der vorderen Linſenoberfläche . . . . . . = r
der der hinteren Linſenkrümmung . . . . = h
die Achſe der Linſe . . . . = a
die Entfernung der Vorderfläche der Hornhaut von der Oberfläche der Linſe . . . . = e
die Diſtanz der ſichtbaren Gegenſtände von der Oberfläche der Cornea . . . . = d
der Brechungsexponent aus der Luft in die Hornhaut . . = n
und der des Humor aqueus oder vitreus in der Linſe . . = m

Gingen die aus einer endlichen Entfernung d her kommenden Strahlen nur durch die Hornhaut und die wäſſerige Feuchtigkeit, ſo hätte man für ihre Vereinigungsweite γ den Werth

$$\gamma = \frac{n\,d\,\varrho}{(n-1)\,d-\varrho}.$$

Bezeichnet man aber die Diſtanz dieſes Punktes von der Vorderfläche der Linſe mit x, ſo ergiebt ſich:

$$x = \gamma - e.$$

Nach dem Durchtritte der Strahlen durch die Kryſtalllinſe zeigt ſich dann als die Vereinigungsweite z:

$$z = \frac{mxrh - (m-1)axh - rha}{m(m-1)xr - (m-1)^2xa - (m-1)ra + m(m-1)xh + mrh.}$$

Oder, wenn der Werth für parallele Strahlen oder ſolche aus unendlicher Entfernung

$$\frac{mrh - (m-1)ha}{(m-1)mr - (m-1)^2a + m(m-1)h} = \frac{\alpha}{\beta}, \text{ ſo iſt}$$

$$z = \frac{\alpha x - rha}{\beta x - (m-1)r\alpha + mrh.}$$

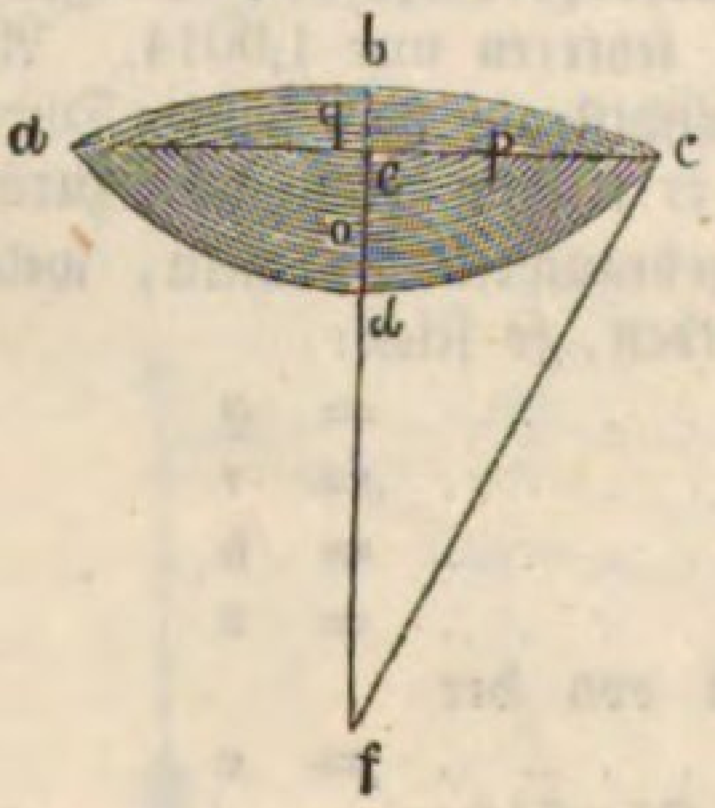
Nun ſtellt z die Entfernung der Vereinigungsweite der Strahlen von der Vorderfläche der Linſe dar. Die von der Vorderfläche der Hornhaut gleicht daher

$$v = z + a + e.$$

Man ſieht leicht ein, daß dieſe Beſtimmung ihrer nicht adäquaten Vorausſetzungen wegen nur höchſt ungefähre Werthe liefern könne. Obgleich daher Olbers manche für ſeine Rechnung ſehr günſtige Zahlen, z. B. für den relativen Brechungsexponenten der Linſe $\frac{13}{12} = 1{,}0833\ldots$ zum Grunde legt, ſo erhält er doch für die Vereinigungsweite bei parallelen Lichtſtrahlen 0,8997 engl. Zoll = 10,1302 pariſ. Linien (0,0393708 engl. Zoll = 0,443296 pariſ. Linien), für 27 Zoll Entfernung 0'',9189 = 10,3464 par. Linien, für 8 Zoll Diſtanz 0'',9671 = 10,8891 par. Linien und für 4 Zoll Entfernung 1'',0426 = 11,7392 par. Linien. Nun zeigten ſich als das Maximum der äußeren Augenachſe 11''',0, als die mittlere Dicke der Sclerotica in dem hinteren Umfange des Bulbus 0'',55, als die der Choroidea wenigſtens 0''',05 und als die der Netzhaut 0''',063. Hieraus ergäbe ſich eine nothwendige Vereinigungsweite von 11''',0 — (0''',55 + 0''',05 + 0''',063) = 10''',337, d. h. es würden erſt 27 Zoll die gehörige Sehweite bilden, wenn man ſelbſt die vortheilhafteſten anatomiſchen Verhältniſſe des Auges vorausſetzt. Aehnlich fallen auch die früheren Reſultate von Klügel aus. Muncke, welcher minder günſtige Grundwerthe feſtſetzt, kommt ſogar für 10 pariſer Zoll Entfernung auf 11''',957.

Verſucht man die Rechnung nach den neueren genaueren anatomiſchen und phyſikaliſchen Daten anzuſtellen, ſo werden die Ergebniſſe noch abweichender. Halten wir uns z. B. zunächſt an das oben angeführte (§. 1039), von Krauſe genau ausgemeſſene Auge einer 50jährigen Frau, welches dieſer Forſcher für vollkommen normal erklärt, ſo müſſen wir zuvörderſt die beiden Krümmungshalbmeſſer der als ſphäriſch gedachten Kryſtalllinſe zu beſtimmen ſuchen. Geſetzt, dieſe ſei a b c d, ihr halber Durchmeſſer = e c = p, die halbe Höhe ihrer Vorderfläche = e b = q, der gleiche Werth ihrer Hinterfläche = e d = o und der Radius ihrer vorderen Krümmung a b c wäre als b f = c f = r, ſo haben wir $r^2 = p^2 + ef^2 = p^2 + (r-q)^2$. Hieraus folgt dann $r = \frac{p^2 + q^2}{2q}$. Eben ſo wird der Halbmeſſer der hinteren Krümmungsfläche $= s = \frac{p^2 + o^2}{2o}$. Nun war in dem angeführten Auge p = 2''',0; q = 1''',3 und o = 1''',8. Hieraus ergiebt ſich daher:

Fig. 133.



Halbmeſſer der vorderen Linſenkrümmung	= r =	2''',1885
Radius der hinteren Linſenkrümmung	= h =	2''',0111
Halbmeſſer der Krümmung der Hornhaut	= ϱ =	4''',0515
Achſe der Kryſtalllinſe	= a =	3''',10
Entfernung der Vorderfläche der Hornhaut von der Oberfläche der Linſe	= e =	1''',10
Brechungsexponent aus der Luft in die Hornhaut	= n =	1,3296
Refractionsexponent aus dem Humor aqueus und vitreus in die Linſe	= m =	1,0350.

Berechnen wir hieraus zuvörderſt die beſtändigen Werthe, welche in den obigen Gleichungen vorkommen, ſo erhalten wir:

$$n\varrho = 5{,}38687 \;(\log.\; n\varrho = 0{,}7313368).$$

$\alpha = 4{,}31789$ (log. $\alpha = 0.\ 6352716$).
$\beta = 0{,}1545593$ (log. $\beta = 0.\ 1890951 - 1$).
$\mathrm{rha} = 13{,}6440$.
$\mathrm{mrh} - (\mathrm{m} - 1)\ \mathrm{ra} = 4{,}31789$.

Nach dieſen Daten erhalten wir aber für die Vereinigungsweite von parallelen Strahlen, die aus einer unendlichen Entfernung [1]) kommen, und ſolchen, die von Abſtänden vom Auge von 120, 60, 40, 30, 20, 10 und 5 auffallen, folgende Werthe:

In pariſer Linien ausgedrückte Entfernung von der Vorderfläche der Hornhaut		
	der Vereinigungsweite nach der Brechung	
des Gegenſtandes.	durch die Hornhaut und die wäſſerige Feuchtigkeit $= \gamma$	durch Cornea Humor aqueus und Linſe $= \mathrm{v}$
unendlich	16,3437	12,0180
1440 (= 120″)	16,4844	12,0833
720 (= 60″)	16,6275	12,1493
480 (= 40″)	16,7732	12,2161
360 (= 30″)	16,9215	12,2836
240 (= 20″)	17,2259	12,4208
120 (= 10″)	18,2089	12,8529
60 (= 5″)	20,5547	13,8052

Nun glich:
die äußere Augenachſe des Bulbus . . . . = 10‴,2
die Dicke der Sklerotica in der Augenachſe . . . . = 0‴,6
die der Choroidea in derſelben . . . . = 0‴,05
die der Netzhaut derſelben . . . . = 0‴,06
Wir erhalten daher für
die Entfernung der Oberfläche der Netzhaut von der Vorderfläche der Hornhaut in der Augenachſe . = 10‴,2 — (0‴,6 + 0‴,05 + 0‴,06) = 9‴,49.

Es erſcheint daher nach dieſer Berechnung eine Abweichung von 12‴,0180 — 9‴,49 = 2‴,528 oder ungefähr ¼ des ganzen geforderten Werthes ſelbſt für den günſtigſten Fall, d. h. für parallele Strahlen.

Daß aber nicht dieſe abweichenden Reſultate von fehlerhaften Dimenſionsbeſtimmungen des Auges herrühren können, erhellt daraus, daß die Reſultate nicht beſſer werden, wenn man die Mittelwerthe der von Krauſe gegebenen allgemeinen Dimenſionen zum Grunde legt. Es iſt nämlich dann:

---

[1]) Wir hatten $\gamma = \frac{\mathrm{n\,d}\varrho}{(\mathrm{n}-1)\,\mathrm{d} - \varrho}$. Folglich iſt $(\mathrm{n}-1)\ \mathrm{d}\gamma - \gamma\varrho = \mathrm{n\,d}\varrho$ und $(\mathrm{n}-1)$ $\gamma - \frac{\gamma\varrho}{\mathrm{d}} = \mathrm{n}\,\varrho$. Wird nun die Diſtanz = d unendlich groß, ſo iſt $\frac{\gamma\varrho}{\mathrm{d}} = 0$, und daher $(\mathrm{n}-1)\ \gamma = \mathrm{n}\,\varrho$ und $\gamma = \frac{\mathrm{n}\,\varrho}{\mathrm{n}-1}$. Dieſer Werth folgt übrigens auch ſchon aus den in §. 1033 angeführten Formeln. Da aber parallele Strahlen nach ihrem Durchgange durch die Hornhaut und die wäſſrige Feuchtigkeit convergent gebrochen werden, ſo bleiben die übrigen Formeln für die weitere Berechnung die gleichen, wie für die Vereinigungsweite von Strahlen, welche aus einer beſtimmten endlichen Diſtanz einfallen.

$\varrho = 3''',8644.$ $a = 2''',465.$
$r = 2''',84.$ $e = 1''',15.$ $m = 1,0350.$
$h = 2''',355.$ $n = 1,3296.$

und daher:

$n\varrho = 5,13810.$ $rha = 16,4864.$
$\alpha = 6,71911.$ $mrh - (m-1)ra = 6,67727.$
$\beta = 0,185169.$

Man erhält hiernach:

für 4 Zoll Entfernung $\gamma = 21''',1078$ und $v = 14''',721.$
für 6 Zoll Entfernung $\gamma = 18''',6212$ und $v = 13,7952.$
für 8 Zoll Entfernung $\gamma = 16''',6077$ und $v = 13,3666.$

Das Maximum der äußeren Augenachſe aber beträgt 11''',0. Zu dem gleichen widerſprechenden Ergebniſſe gelangt man an dem zweiten oben angeführten Auge eines 30jährigen Mannes, welches von Krauſe ſpecieller gemeſſen worden. Nimmt man für n nicht den Brechungsexponenten der Hornhaut (= 1,3296), ſondern den der wäſſerigen Feuchtigkeit (= 1,3373), ſo erhält man auch hierdurch keine Verbeſſerung des Ganzen. Denn man beſtimmt dann für jenen Bulbus $\gamma = 16''',4753$ und $v = 12''',2761$ bei 40 Zoll Entfernung. Uebrigens iſt auch ſchon Senff bei der Combination der Krauſe-ſchen Angaben mit den Olbers'ſchen Formeln auf die gleichen Widerſprüche gekommen.

Legt man die Zahlen von Treviranus [1]), welche das Auge eines 30jährigen Selbſtmörders betreffen, zum Grunde, ſo erhält man zwar günſtigere, aber doch immer noch bedeutend abweichende Reſultate. Es iſt dann:

$\varrho = 3''',39$ $h = 2''',08$ $e = 0''',89$
$r = 2''',6$ $a = 2''',10$ $n = 1,3296$ $m = 1,0350.$

Dieſes giebt:

$n\varrho = 4,50735$ (log. $n\varrho = 0.6359207$).
$\alpha = 5,44432$ (log. $\alpha = 0.7359436$).
$\beta = 0,16696$ (log. $\beta = 0.2226124-1$).
$rha = 11,3568.$
$mrh - (m-1)ra = 5,40618.$

Es reſultirt hiernach für den Abſtand der Vereinigungsweite paralleler Strahlen von der Hinterfläche der Linſe 7''',77741. Die gemeſſene Diſtanz von dieſer bis zur Oberfläche der Netzhaut glich aber nach Treviranus 7''',0.

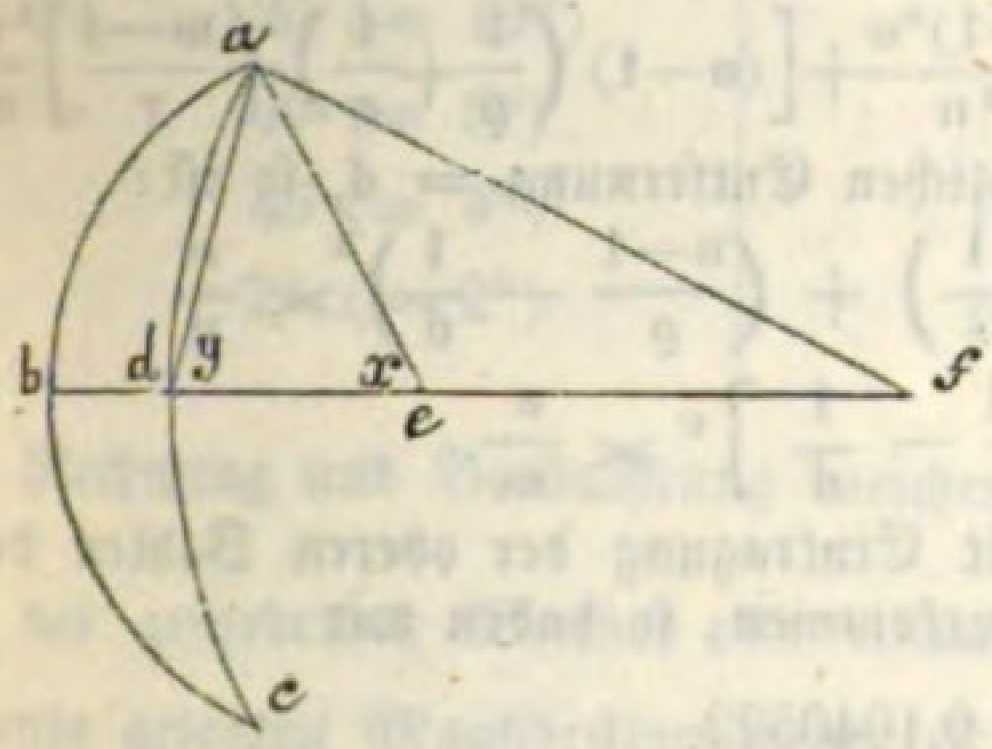
Faſſen wir aber die Vorausſetzungen, auf welche ſich die Olbers'ſchen Formeln ſtützen, ſchärfer ins Auge, ſo wird nach ihnen angenommen, daß die Hornhaut, die wäſſerige Feuchtigkeit und der Glaskörper das gleiche Brechungsvermögen beſitzen, alſo gewiſſermaßen nur Ein Medium darſtellen, in welchem die Linſe als ein biconvexer Körper von ſtärkerer Refractionskraft an einer beſtimmten Stelle eingeſchaltet iſt. Man ſucht daher zuerſt den Werth von γ als die Vereinigungsweite der durch die Vorderfläche der Hornhaut abgelenkten Strahlen und hält ſich dann nur an die Linſe als die einzig brechende Maſſe. Die beſonderen Wirkungen der Dicke der Hornhaut und der Geſtalt des Humor aqueus wird ganz außer Acht gelaſſen. Es geht auf dieſe Art eine in der Wirklichkeit beſtehende Sammelkraft verloren, ſo daß es nicht befremden kann, wenn die berechnete Vereinigungsweite hinter die Netzhaut fällt. Wollen wir aber dieſen Uebelſtand vermeiden, ſo müſſen wir auch die Form des Meniscus, welchen der Humor aqueus bildet, zunächſt berückſichtigen. Inſofern die Lichtſtrahlen in das Innere des Auges treten, iſt dieſer kein anderer, als die Hinterfläche der Hornhaut und die Vorderfläche der Linſenkapſel. Er erhält hierdurch eine convex-concave Geſtalt. Wie es ſcheint, wäre es das einfachſte, die Krümmung der Vorderfläche der Linſe als die Aushöhlung des Meniscus des Humor aqueus anzuſehen. Allein eine ſolche Annahme würde uns nur zu neuen Irrthümern führen. Denn der liquor Morgagnii liegt als eine flüſſige nachgebende Maſſe zwiſchen der Linſenkapſel und den äußeren Schichten der Linſenſubſtanz und erzeugt im Leben Curven, welche wir an dem nach dem Tode durchſchnittenen Auge nie mehr auffinden können. Daß dieſe Vorausſetzung richtig ſei, lehrt der Erfolg der Berechnung, die wir ſogleich vornehmen werden. Dann legen wir den bald zu erwäh-

[1]) Beiträge S. 23.

nenden Formeln den Halbmeſſer der Krümmung der Vorderfläche der Linſe als den Radius der Concavität des Humor aqueus zu Grunde, ſo erhalten wir wieder von der Wirklichkeit abweichende Reſultate. Wir müſſen daher dieſes unerläßliche Vordatum der Berechnung auf anderem Wege zu ermitteln ſuchen. Hierzu führt uns eine einfache Betrachtung, deren Wahrheit durch die Richtigkeit der Endergebniſſe bekräftigt wird.

Unterſuchen wir nämlich die Regenbogenhaut des Auges eines lebenden Menſchen oder Thieres, z. B. eines Pferdes, ſo ſehen wir, daß ſie nicht ſenkrecht wie eine gerade Scheidewand herabhängt, ſondern eine ſchwache Convexität bildet. Dieſe wird durch die Ausfüllung der hinteren Augenkammer mit wäſſeriger Feuchtigkeit und den liquor Morgagnii der Linſe zum Theil oder gänzlich verurſacht. Wie dem aber auch ſei, ſo richtet ſich nach ihr die Concavität des Meniscus der wäſſerigen Feuchtigkeit in der vorderen Augenkammer. Nun liegt zwar die Vorderfläche der Linſenkapſel nicht in, ſondern ungefähr $^1/_{10}$ Linie hinter der Pupille. Allein abſtrahiren wir hiervon — und der Erfolg rechtfertigt ebenfalls dieſe nicht ganz begründete Annahme — ſo können wir den Halbmeſſer der Concavität der wäſſerigen Feuchtigkeit auf folgendem Wege finden. Geſetzt, abcd ſei der ſphäriſch gedachte Meniscus und ae der Radius der Krümmung abc, x ein bekannter Winkel, bd der Abſtand der beiden Bogen abc und adc in der Mitte von einander, ſo können wir, wenn der Mittelpunkt von abc, nämlich e, mit dem von adc in einer geraden Linie bf liegt, den Radius af von adc durch Rechnung finden. Denn in dem Dreiecke ade ſind uns die Seiten ae und de = be — bd, ſo wie der Winkel x bekannt. ad und der Winkel y laſſen ſich hiernach berechnen. Haben wir aber dieſe beiden Werthe, ſo ergiebt ſich dann bald der geſuchte Halbmeſſer af aus dem gleichſchenkeligen Dreiecke adf.

Fig. 134.



Wenden wir nun dieſes auf den Meniscus der wäſſerigen Feuchtigkeit an, ſo hatten wir in dem von Krauſe gemeſſenen ganz geſunden Auge der 50jährigen Frau als den Radius der Hornhaut 4''',0515. Die Dicke derſelben in der Augenachſe aber glich 0''',5; folglich iſt be = 3''',5515. Der Abſtand der Vorderfläche der Cornea von der der Linſe betrug 1''',10. Mithin bd = 1''',10—0''',5 = 0''',6, und daher de = 3''',5515 — 0''',6 = 2''',9515. Der größte Bogen der Hornhaut war 76° 12′ 10″. Daher x = ½ (76° 12′ 10″) = 38° 6′ 5″. Es iſt daher in dem Dreiecke ade

$$\frac{180^\circ - 38^\circ\, 6'\, 5''}{2} = 70^\circ\, 56'\, 57'' \text{ und}$$

$$\text{tang. } n = \frac{0{,}6 \times \text{tang. } 70^\circ\, 56'\, 57''}{6{,}503} = \text{tang. } 14^\circ\, 57'\, 33''.$$

Da nun ae > bd, ſo erhalten wir:

$$y = m + n = 85^\circ\, 54'\, 30''.$$

Es ergiebt ſich aber ferner:

$$\text{ad} = \sqrt{\left(\frac{7{,}103 \times 5{,}903 \times \sin.^2 19^\circ 3' 3''}{\sin.^2 \text{tot.}} + 0{,}36\right)} = 2''',1971.$$

Setzen wir nun in dem gleichſchenkeligen Dreiecke adf den Halbmeſſer df = af = σ, ſo haben wir, da ∠ y = ∠ dae,

$$\sigma = \frac{2{,}1971 \times \sin. 85^\circ\, 54'\, 30''}{\sin. 8^\circ\, 12'\, 0''} = 15''',3646.$$

Wir können nun die Hornhaut mit dem Humor aqueus als einen Meniscus anſehen, deſſen Convexität den Halbmeſſer der Vorderfläche der Hornhaut = ϱ = 4''',0515 und deſſen Concavität den der wäſſerigen Feuchtigkeit = σ = 15''',3646 zum Radius hat. An dieſen Meniscus iſt die biconvexe ſtärker brechende Kryſtalllinſe unmittelbar angeſchloſſen. Die Zuſammenfügung iſt daher die gleiche, wie die einer Flint- und Krownglaslinſe, und die ganze Berechnung kann nach der für unmittelbar an einander geheftete Doppellinſen angenommen werden. Hierbei bleibt aber der Werth von σ immer poſitiv, weil die Lichtſtrahlen aus dem Humor aqueus in das ſtärker brechende Medi-

der Linſe übergehen. Dagegen müſſen wir für die letztere nicht den Brechungsexponenten in Verhältniß zur Luft, ſondern den relativen in Beziehung zum Humor vitreus, den wir in dieſer Hinſicht der Einfachheit wegen dem der wäſſerigen Feuchtigkeit gleich ſetzen, nehmen, weil die Strahlen hinter der Linſe nicht in die Atmoſphäre, ſondern in den Glaskörper treten.

Nennen wir nun

den Radius der Krümmung der Vorderfläche der Hornhaut $= \varrho = 4''',0515$
den der hinteren des Humor aqueus . . . . $= \sigma = 15,3646$
die Achſe des Meniscus . . . . $= \alpha = 1''',10$
den mittleren Brechungsexponenten von Cornea und Humor aqueus . . . . $= n = 1,3336$
den Radius der Vorderfläche der Kryſtallinſe . . . . . $= r = 2''',1885$
den der Hinterfläche derſelben . . . . $= s = 2''',0111$
ihre Achſe . . . . $= a = 3''',10$
und ihren mittleren relativen Brechungsexponenten . . . $= m = 1,0350$,

ſo haben wir [1]), wenn p die Entfernung der Vereinigungsweite von der Hinterfläche der Kryſtallinſe bildet, für parallele Strahlen oder ſolche aus unendlicher Entfernung

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) + (m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) + \frac{(n-1)^2\alpha}{\varrho^2 n} + \left[(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) + \frac{m-1}{r}\right]^2 \frac{\alpha}{m}.$$

Kommen dagegen die Strahlen aus einer endlichen Entfernung = d, ſo iſt:

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) + (m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) + \left(\frac{n-1}{\varrho} - \frac{1}{d}\right)^2 \times \frac{\alpha}{n}$$
$$+ \left[\frac{n-1}{\varrho} + \frac{n-1}{\sigma} + \frac{m-1}{r} - \frac{1}{d}\right]^2 \times \frac{a}{m}.$$

Berechnen wir nun wiederum zuvörderſt mit Eintragung der oberen Zahlen der conſtanten Werthe, welche in dieſen Gleichungen vorkommen, ſo haben wir:

$$(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) = 0,1040522.$$

$$(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) = 0,0333961.$$

$$\frac{n-1}{\varrho} = 0,082340.$$

$$\log.\ \frac{\alpha}{n} = 0,9163671 - 1.$$

$$\frac{n-1}{\varrho} + \frac{n-1}{\sigma} + \frac{m-1}{r} = 0,1200449.$$

$$\log.\ \frac{a}{m} = 0,4764214.$$

Da aber die Entfernung der Vereinigungsweite des Bildes von der Vorderfläche der Hornhaut $= v = p + \alpha + a = p + 3''',1 + 1''',1$ iſt, ſo ergeben ſich für ſie die in der nachfolgenden Tabelle enthaltenen Werthe. Das durch Meſſung gefundene Aequivalent derſelben glich $9''',49$.

---

[1]) Die nähere Deduction dieſer Formeln, bei welchen die Werthe mit höheren Potenzen außer Acht gelaſſen worden, ſiehe z. B. in A. Baumgartner die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zuſtande mit Rückſicht auf mathematiſche Begründung. Supplementband, den mathemathiſchen und experimentellen Theil enthaltend. Wien, 1831. 8. S. 593.

In pariſer Linien ausgedrückte		
Entfernung von der Vorderfläche der Hornhaut		Differenz des gemeſſenen Abſtandes der Oberfläche der Hornhaut von der der Netzhaut und dieſes Werthes der Berechnung nach.
des Gegenſtandes von dem Auge hinweg.	der Vereinigungsweite nach der Netzhaut hin.	
unendlich	9,5704	0,0804
1440 (= 120″)	9,5876	—
720 (= 60″)	9,6047	—
480 (= 40″)	9,6219	—
360 (= 30″)	9,6390	—
240 (= 20″)	9,6731	—
120 (= 10″)	9,7759	—
60 (= 5″)	9,9798	—
48 (= 4″)	10,0805	—
24 (= 2″)	10,5608	—

Rechnung und Beobachtung weichen daher nur um 0‴,08 oder $\frac{9,49}{0,08} = \frac{1}{118}$ bis $\frac{1}{119}$ des geforderten Werthes von einander ab. Die Grenze der Richtigkeit der zum Grunde gelegten Maaßbeſtimmungen iſt nach Krauſe's eigener Angabe 0‴,05.

Verſuchen wir die gleiche Ermittelung an dem zweiten von Krauſe gemeſſenen Auge eines 30jährigen Mannes vorzunehmen, ſo erhalten wir zwar etwas minder übereinſtimmende, aber immer noch äußerſt befriedigende Ergebniſſe. Der Halbmeſſer der Krümmung der Vorderfläche der Hornhaut betrug hier 4‴,3524. Nehmen wir wieder ihre Dicke = 0‴,5 an, ſo haben wir (Fig. 134) ae = 3‴,8524. Der Abſtand der Vorderfläche der Hornhaut von der Pupille [1]) glich 1‴,0; folglich de = 3‴,8524 — (1‴,0 — 0‴,5) = 0‴,3524. Der größte Hornhautbogen war 63° 48′ 2″. Mithin x = 31° 54′ 1″. Wir erhalten hiernach y = 87° 41′ 54″; ad = 2‴,0374 und af = ϱ = 25,3652. Berückſichtigen wir nun die ſchon oben (§. 1044) berechneten Radien der Kryſtalllinſe und die anderen hierher gehörenden unmittelbar gemeſſenen Werthe, ſo haben wir:

$\varrho = 4''',3524.$ $v = 3''',3220.$ $n = 1,3336.$
$\sigma = 25''',3652.$ $s = 2''',4022.$ $m = 1,0350.$
$\alpha = 1''',0.$ $a = 2''',0.$

Hieraus ergiebt ſich:

$$(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) = 0,0897991.$$

$$(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) = 0,0251058.$$

$$\frac{n-1}{\varrho} = 0,0766474.$$

$$\log.\ \frac{\alpha}{n} = 0,8749744-1.$$

$$\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}+\frac{m-1}{r} = 0,1003349.$$

$$\log.\ \frac{a}{m} = 0,2860897.$$

[1]) Ich legte dieſen Abſtand zum Grunde, weil ſonſt y > 90° wird.

Die gemeſſene Größe iſt nach der §. 1039 angeführten Tabelle 10‴,9 — (0‴,55 + 0,05 + 0,066) = 10‴,234. Durch die Berechnung erhalten wir, wenn v = p + 2‴,0 + 1‴,2 iſt, folgende Zahlen:

In pariſer Linien ausgedrückte		
Entfernung von der Vorderfläche der Hornhaut.		Unterſchied des gemeſſenen und des berechneten Werthes.
des Gegenſtandes.	der Vereinigungsweite des Bildes.	
unendlich.	10,4065	0,1725
1440 (= 120″)	10,4246	
720 (= 60″)	10,4426	
480 (= 40″)	10,4607	
360 (= 30″)	10,4787	
240 (= 20″)	10,5145	
120 (= 10″)	10,6206	
60 (= 5″)	10,8260	
48 (= 4″)	10,9247	
24 (= 2″)	11,3650	

Wir haben alſo hier einen Unterſchied der Rechnung und Beobachtung = 0‴,1725 oder $\frac{10,234}{0,1725} = \frac{1}{59}$ des verlangten Werthes. Allein ſelbſt dieſe kleinen Differenzen laſſen ſich noch eliminiren, wenn wir ſtatt des mittleren Brechungsexponenten der Hornhaut und des Humor aqueus den der wäſſrigen Feuchtigkeit allein annehmen. Ohnedies iſt der Refractionswerth der Cornea, wie wir früher ſahen (§. 1037), der verhältnißmäßig am wenigſten genau beſtimmte. Es iſt dann:

1) in dem Auge der 50jährigen Frau n = 1,3373, $(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) = 0,105206$; $\frac{n-1}{\varrho} = 0,083253$; log. $\frac{\alpha}{n} = 0,9151639 - 1$ und $\frac{n-1}{\varrho} + \frac{n-1}{\sigma} + \frac{m-1}{r} = 0,1211987$. Da die übrigen Werthe unverändert bleiben, ſo erhalten wir für parallele Strahlen v = 9‴,5107. Der Unterſchied des beobachteten und des berechneten Reſultates gleicht dann nur 0‴,02 oder $\frac{1}{474}$ des Werthes.

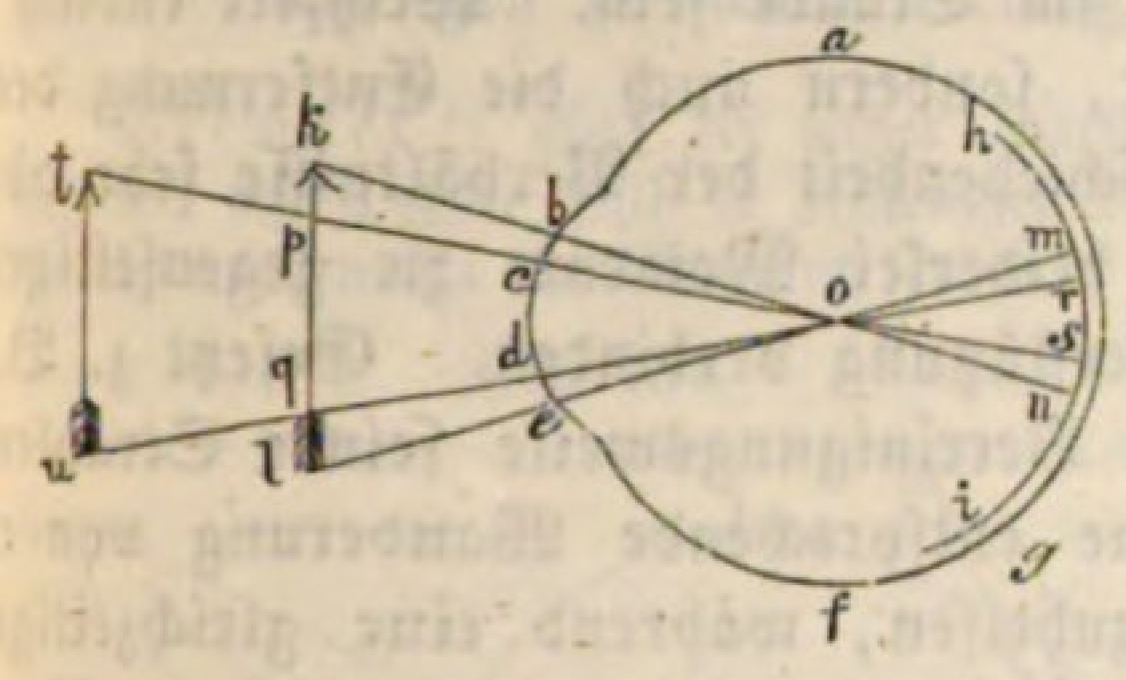
2) In dem Auge des 30jährigen Mannes haben wir $(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) = 0,0907944$; $\frac{n-1}{\varrho} = 0,0774975$; log. $\frac{\alpha}{n} = 0,8737712 - 1$; und $\frac{n-1}{\varrho} + \frac{n-1}{\sigma} + \frac{m-1}{r} = 0,1013302$. Wir finden dann für Strahlen, die aus unendlicher Ferne kommen, v = 10‴,3310. Die Differenz des Calculs und der Erfahrung ſinkt daher auf 0‴,097 oder $\frac{10,234}{0,097} = \frac{1}{105}$ bis $\frac{1}{106}$ der nöthigen Größe herab.

Alle dieſe Grundberechnungen wurden deshalb ſo ausführlich behandelt, weil ſie in der Folge die Baſis mannichfacher Belege für einzelne Theile der Optik des menſchlichen Auges geben werden.

1046 **Abſtrahirt man von den verſchiedenen Wegen, welchen die einzelnen Strahlen des von jedem Punkte des äußeren Gegenſtandes ausgehenden**

Lichtkegels in unſerem Auge machen und hält ſich nur an die beiden Enden des Vorganges, nämlich den äußeren Gegenſtand und deſſen entſprechendes Netzhautbild, ſo erhält man in dem Innern des Auges einen Punkt, in welchem ſich die Verbindungslinien von beiderlei Objecten durchkreuzen. Denn geſetzt, abcdefg ſei das Auge, hi die Netzhaut deſſelben und kl ein äußerer Gegenſtand, welcher in mn ſein adäquates Bildchen auf der Retina hat, ſo entſpricht n, wie wir früher (§. 1040) ſahen, dem Punkte k und m dem Punkte l. Die Linien kn u. lm durchſchneiden einander im Punkte o. Man nennt nun den Winkel kol, welcher natürlich mon gleicht, den Geſichtswinkel (Angulus visorius). Einzelne Forſcher bezeichnen überdies die Linien kn und ln mit dem Namen der Richtungslinien und den Scheitelpunkt des Geſichtswinkels o mit dem des Kreuzungspunktes derſelben.

Fig 135.



Es ergiebt ſich aber in Betreff dieſer Verhältniſſe von ſelbſt, daß

1) Die Größe des Netzhautbildchens mn, ſo lange o an demſelben Orte bleibt, mit dem Werthe des Geſichtswinkels ſteigt und fällt. Dem kleineren Sehwinkel poq = ros entſpricht auch ein Retinabild rs, welches einen geringeren Umfang beſitzt.

2) Verharrt o an demſelben Punkte, ſo müſſen ungleich große Gegenſtände kl und pq, welche ſich in derſelben Entfernung gerade vom Auge befinden, entſprechende Differenzen der Geſichtswinkel kol und poq und der Netzhautbildchen mn und rs darbieten.

3) Bleibt o conſtant, während der Gegenſtand tu weiter von dem Auge hinwegrückt, ſo verkleinert ſich ſein Geſichtswinkel. Obgleich das Object tu = kl iſt, ſo wird es dann z. B. doch nur unter demſelben Geſichtswinkel tou, wie der kleinere Gegenſtand pq erblickt und entwirft daher auch nur das kleinere Netzhautbildchen rs. Umgekehrt wird ſich der Sehwinkel unter den gleichen Verhältniſſen bei Annäherung des Gegenſtandes vergrößern.

4) Verändert ſich dagegen o, ſo wechſelt auch hierdurch die Größe des Bildes, ſofern dieſes dann überhaupt ohne Zerſtreuungskreiſe auf die Netzhaut fallen kann. Wenn z. B. der Durchſchnittspunkt von ac und bd in o liegt, ſo erhalten wir das Bild cd. Rückt dagegen o nach o′, ſo ergiebt ſich hg und, wenn o nach o″ geht, ef, d. h. das Netzhautbild vergrößert ſich durch eine Fortbewegung des Kreuzungspunktes nach vorn und verkleinert ſich durch eine ſolche nach hinten. Böte aber das

Fig. 136.

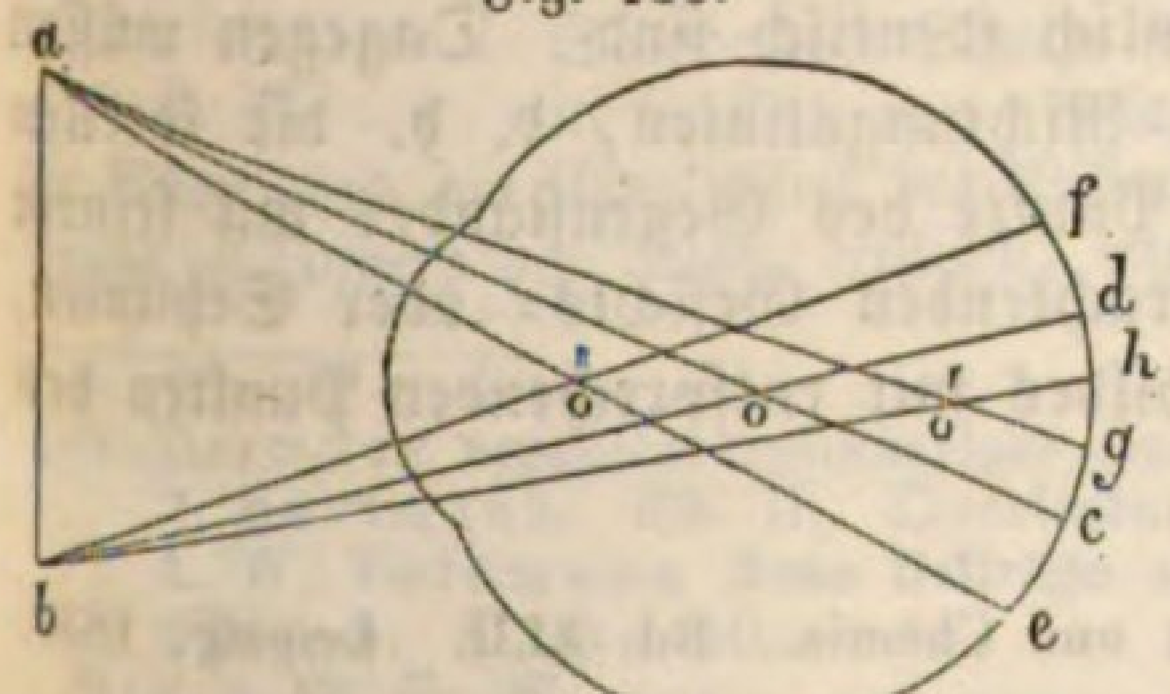


Bild hg Zerſtreuungskreiſe dar, weil die Vereinigungsweite der Lichtſtrahlen ſchon vor die Netzhaut fällt, ſo könnte dieſes durch eine entſprechende Wanderung von o nach o′ aufgehoben werden. Hätten umgekehrt die Zerſtreuungskreiſe darin ihren Grund, daß die Vereinigungsweiten der Strahlen hinter die Netzhaut fallen, ſo müßte eine adäquate Verſchiebung von o nach o″ dem Fehler abzuhelfen im Stande ſein. Wechſelt endlich

5) nicht bloß der Kreuzungspunkt, ſondern auch die Entfernung des Gegenſtandes, ſo haben wir nach Verſchiedenheit der Verhältniſſe ſehr abweichende Reſultate, je nachdem ſich beiderlei Momente zu gegenſeitiger Correction oder zu wechſelſeitiger Unterſtützung verbinden. Geſetzt z. B., der Gegenſtand rücke ſo nahe, daß die Vereinigungsweite ſeiner Strahlen hinter die Netzhaut fiele, ſo wäre eine entſprechende Wanderung von o nach o″ im Stande, dem Fehler abzuhelfen, während eine gleichzeitige Bewegung von o nach o′ ihn nur vergrößerte. Eine jede paſſende Veränderung von o iſt aber natürlich nur dann möglich, wenn ſich die Curven oder die Entfernungen oder die Brechungsexponenten der Refractionstheile des Bulbus ändern oder ſich das Auge, wie man ſich ausdrückt, auf entſprechende Weiſe accommodirt.

Die ſämmtlichen hier erwähnten Sätze, welche ſich aus den Verhältniſſen des Geſichtswinkels von ſelbſt ergeben, werden uns in der Folge als Grundlagen der näheren Betrachtung einiger weſentlicher Momente des Sehens dienen.

1047 Der Kreuzungspunkt der Richtungslinien oder der Scheitel des Geſichtswinkels wurde von verſchiedenen Forſchern an ſehr mannichfache Stellen des inneren Auges verſetzt. Aeltere Beobachter legten ihn in die Gegend der Pupille, die Mitte derſelben oder die Nähe der Linſe und vorzüglich das Centrum der letzteren. Die neueren Unterſuchungen dagegen deuten darauf hin, daß er ſich im Allgemeinen ungefähr 5‴ bis 5‴5 von dem vorderen Ende der Augenachſe entfernt und 1‴,5 bis 2‴,0 hinter der Hinterfläche der Kryſtalllinſe, alſo in dem vorderſten Theile des Glaskörpers befinde. Einzelne Forſcher ſtatuirten, daß er mit gewiſſen anderen beſtimmten Punkten des inneren Auges, wie z. B. dem Centrum der Hornhautkrümmung (Mile [1]), Stamm [2]) oder dem Drehpunkte des Bulbus (Brewſter u. Volkmann) zuſammenfalle. Obgleich noch dieſe Anſichten eines ſtrengeren mathematiſchen Beweiſes bedürfen, ſo läßt ſich doch ſchon jetzt mit Recht als ſicher annehmen, daß der Kreuzungspunkt der Richtungslinien und der mittere Drehpunkt des Auges nicht ſehr weit auseinanderfallen, ja höchſt wahrſcheinlich identiſch ſind. Dagegen müſſen wir uns ſehr hüten, jene objectiven Richtungslinien, d. h. die ideellen Verbindungen der correſpondirenden Punkte des Gegenſtandes mit ſeinem Netzhautbilde mit den ſpäter zu betrachtenden Geſichts- oder Sehlinien, d. h. den Verbindungen des Netzhautbildes mit entſprechenden Punkten des

[1]) Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. XLII. Leipzig, 1837. 8. S. 57 fgg.

[2]) Ebendaſelbſt. Bd. LVII. 1842. 8. S. 370.

Gegenſtandes, wie wir ihn erblicken und nicht wie er wahrhaft liegt, zu verwechſeln. Denn dieſe Geſichtslinien ſind nur bei dem vollkommen fehlerfreien Sehen, wie ſich in der Folge ergeben wird, mit jenen Richtungslinien identiſch, weichen aber ſonſt von ihnen dergeſtalt ab, daß ihr Kreuzungspunkt ſogar außerhalb des Auges unter gewiſſen ſpäter zu erörternden Bedingungen zu fallen vermag.

Brewſter[1]) ging bei ſeiner Darſtellung von dem Young'ſchen Theoreme aus, daß wir das äußere Bild in denjenigen Richtungen ſehen, welche auf den Tangenten der Berührungspunkte der Netzhaut ſenkrecht ſtehen. Denkt man ſich nun den Augapfel a b c d als eine vollſtändige Kugel, e f ſei ein Netzhautbild und g h die Tangente des Punktes e, ſo wird natürlich die auf ihr ſenkrecht ſtehende Sehlinie e i durch den Mittelpunkt k gehen. Die Sehlinie f l des Punktes f wird aus demſelben Grunde das Centrum k durchſetzen. Da nun das Gleiche von allen zwiſchen e und f gelegenen Stellen gilt, ſo müſſen ſich die Geſichtslinien aller ſucceſſiven Orte eines Bildes in dem Mittelpunkte durchkreuzen. Fällt aber immer der Scheitelpunkt des Geſichtswinkels mit dem Mittelpunkte der Kugel zuſammen, ſo kann ſich natürlich die letztere, ohne daß eine Ortsveränderung im Ganzen Statt findet, drehen wie ſie will; die relativen Beziehungen und Orte des äußeren geſehenen Gegenſtandes bleiben dabei immer dieſelben. Dieſes würde nicht Statt finden, wenn eben keine Coincidenz des Scheitels des Geſichtswinkels mit dem Drehpunkte des Auges Statt fände. Das Sehen werde auf dieſe Weiſe von den Bewegungen des Augapfels emancipirt und erhalte eine Stabilität, welche es ohne dieſes harmoniſche Verhältniß nicht haben würde.

Fig. 137.

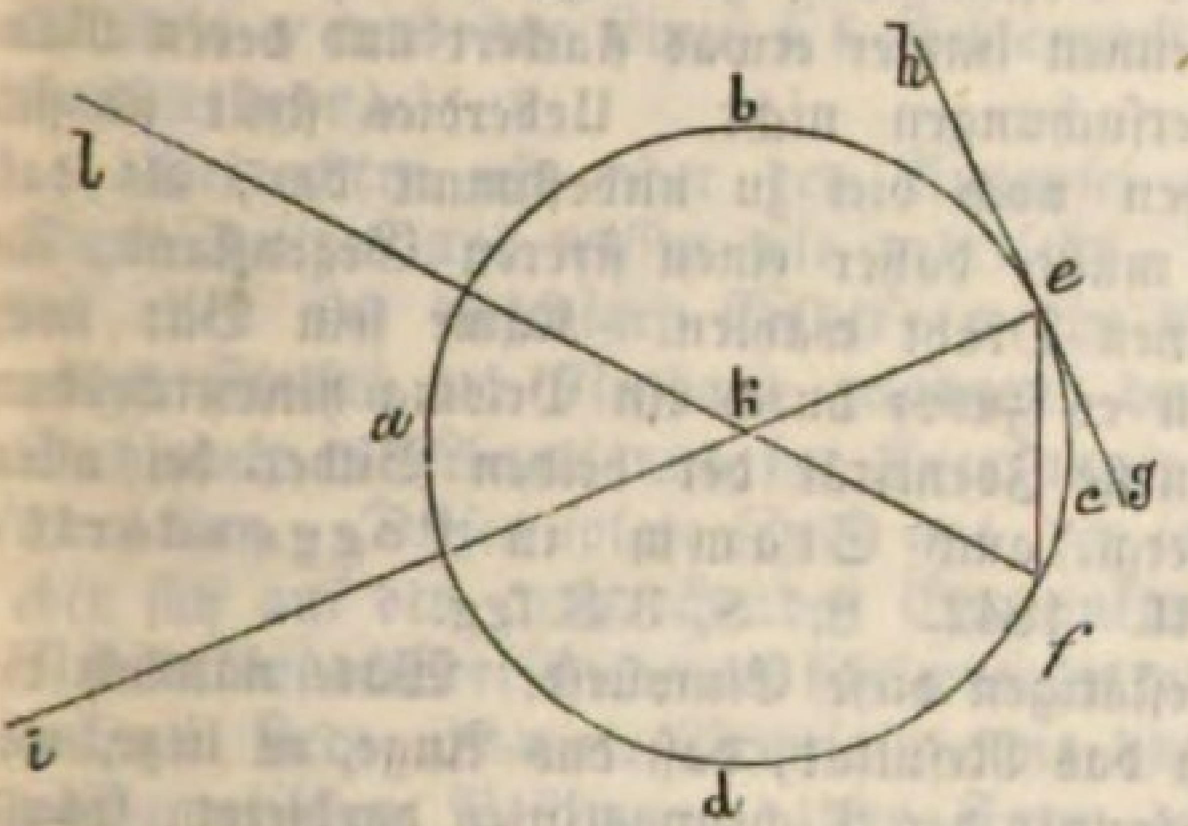
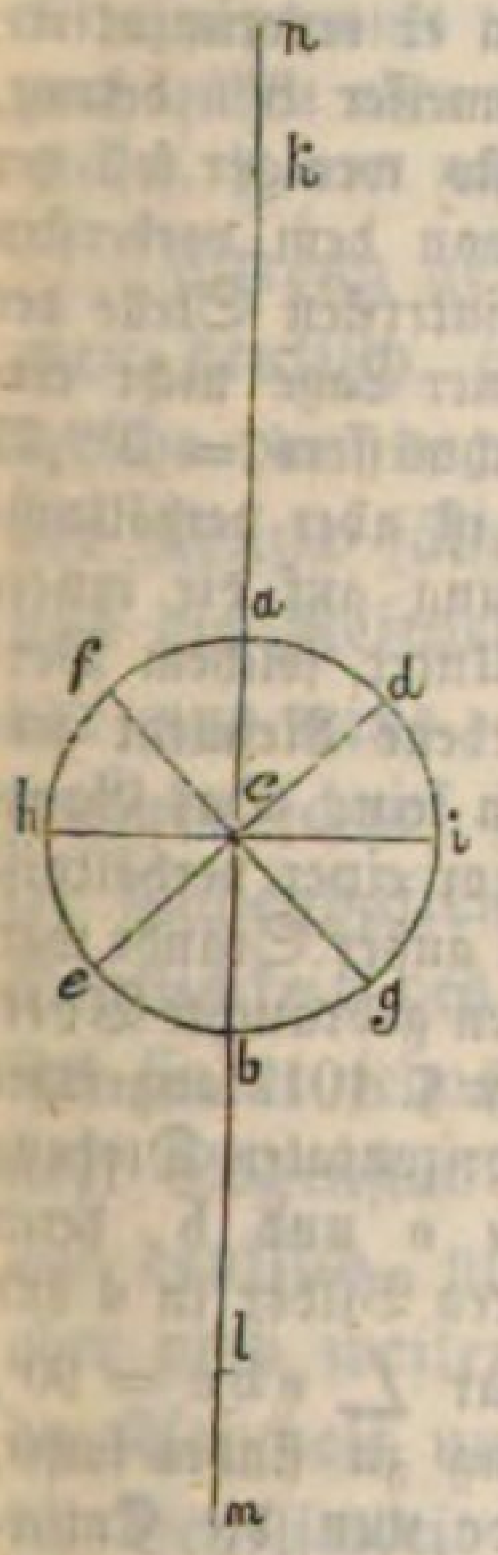


Fig. 138.



Volkmann[2]) wiederholte ſpäter denſelben Satz als das Reſultat eigener empiriſcher Unterſuchungen. Dieſe zerfallen in ſolche, welche an den Augen todter Thiere, wie Kaninchen[3]) oder Ochſen[4]) und andere, welche an dem Menſchen angeſtellt worden. Er gebrauchte behufs der erſteren Art von Beſtimmungen ein Diopterlineal, auf welchem eine um ihren Mittelpunkt c drehbare Scheibe angebracht war. Vor derſelben befanden ſich z. B. in k oder in k und n eine oder zwei Lichtflammen, hinter ihr in l ein Haarviſir und in m ein Diopter. Wurde nun das Auge eines Kaninchens auf die Scheibe ſo aufgelegt, daß a b der Augenachſe parallel ging, ſo ſah man natürlich, daß die Netzhautbilder der beiden Lichtflammen bei b auffielen und einander deckten. Sie konnten daher von m aus viſirt werden. Hatte man die Lagerung gut getroffen, ſo daß c einem beſtimmten geſuchten inneren Punkte des Auges entſprach, ſo war man im Stande, die Scheibe ſo zu drehen, daß abwechſelnd d e, i h, f g, h i in die Lage von a b kamen, ohne daß ſich das Reſultat der Deckung der Bilder und der Möglichkeit des Viſirens durch m änderte. Es mußte daher ein Punkt im Innern des Auges exiſtiren, welcher innerhalb eines auf c errichteten Per-

[1]) Brewſter populäres vollſtändiges Handbuch der Optik. In's Deutſche überſetzt von J. Hartmann. Bd. II. Quedlinburg und Leipzig, 1835. 8. S. 78. 79.

[2]) A. W. Volkmann Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1836. 8. S. 26 — 40.

[3]) a. a. O. S. 26.

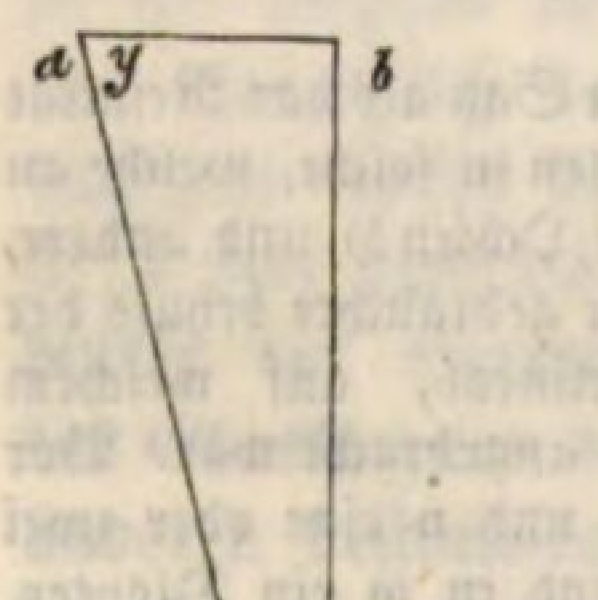
[4]) Poggendorff's Annalen. Bd. XLV. Leipzig, 1838. 8. S. 212.

pendikels lag und in dem ſich die ſämmtlichen Richtungslinien bei allen horizontalen Drehungen des Auges durchſchnitten. Befand ſich dagegen nicht die in c gefällte Normale des Auges in dem Kreuzungspunkte der Richtungslinien, ſo traten die Bilder auseinander. Da es nun aber gleichgültig war, in welcher Weiſe man das präparirte Auge auf die Scheibe auflegte, ſo ſchloß **Volkmann** hieraus, daß der Kreuzungspunkt der Richtungslinien nicht bloß für die horizontalen, ſondern auch für andere Bewegungen ein beſtändiger ſein müſſe.

Prüft man dieſe Mittheilungen genauer, ſo zeigt ſich, daß ſie den Forderungen eines genügenden Verſuches nicht entſprechen. Um die exacte Deckung der beiden Netzhautbilder, auf welche hier am Ende alles ankommt, bei allen Drehungen zu beſtimmen, bedarf es zuvörderſt einer fixen Linie, welche genau dem Haare des Viſirs entſprechen kann. **Volkmann** ſuchte dieſe in der Mitte der Lichtflamme. Iſt aber ſchon eine ſolche nur dem Augenmaaße anheim fallende Beſtimmung zu vag, ſo eignet ſich eine Lichtflamme, die auch bei dem ruhigſten Brennen immer etwas flackert und deren Ränder nicht ſcharf genug ſind, zu ſolchen Unterſuchungen nicht. Ueberdies ſtellt ſie ſich an todten Augen, ſelbſt von Albinokaninchen noch viel zu unbeſtimmt dar, als daß ſich ſichere Reſultate erzielen ließen. Man müßte daher einen fixeren Gegenſtand, ein Fenſterkreuz, ein Lineal oder noch beſſer einen Draht wählen. Käme ſein Bild noch nicht hinreichend ſcharf heraus, ſo ſollte man es zuvor durch ein Prisma hindurchgehen laſſen. Nur ſo ließe ſich über die vollkommene Identität der beiden Bilder bei allen Drehungen ein ſicheres Urtheil fällen. Vergl. auch **Stamm** in **Poggendorff's** Annalen der Physik und Chemie Bd. LVII. 1842. 8. S. 358 fgg.

Die Einzelangaben von **Volkmann** beſtätigen dieſe Einwürfe. Wäre nämlich die Unterſuchungsweiſe ganz ſicher und zeigte ſich das Reſultat, daß das Auge, es liege, wie immer, auf der Scheibe, denſelben Kreuzungspunkt der Richtungslinien darbietet, ſobald nur dieſer in den auf c errichteten Perpendikel fällt, ſo müßte der Bulbus vollkommen ſphäriſch ſein. Dieſes findet aber bekanntlich weder bei dem Kaninchen noch dem Ochſen Statt. **Volkmann** [1]) ſelbſt fand das Kaninchenauge, mit welchem er experimentirte, in der Richtung der Augenachſe 7''',5 lang, während der Querdurchmeſſer 8''' betrug, mithin eine bedeutende Abweichung von der Sphäricität. Nichts deſto weniger ſoll der Kreuzungspunkt der Richtungslinien 3''',25 von dem vorderſten Punkte der Hornhaut und 4''',25 von der hinterſten Stelle der Sklerotica entfernt geweſen ſein, d. h. in ſeiner Lage nicht einmal die Hälfte des kürzeren Longitudinaldurchmeſſers = 3''',75 erreicht haben. Dieſe Abweichung von 0''',5 iſt aber verhältnißmäßig zu groß, als daß ſelbſt eine Beziehung auf die innere Augenachſe die Sache weſentlich änderte. Unter ſolchem Verhältniß kann das von **Volkmann** angegebene Reſultat nur ungefähr, nicht aber mit Exactität eingetreten ſein. Das Ganze beweiſt nur, daß die Verſuchsmethode ſelbſt vor einer verhältnißmäßig nicht unbedeutenden Irrung zu ſchützen außer Stande war.

Fig. 139.



Für die gleichen Beſtimmungen am Menſchen gebrauchte **Volkmann** daſſelbe Inſtrument, welches ſchon oben §. 1012 angeführt wurde und deſſen er ſich zur Controlle der horizontalen Drehung des Auges bediente. Wurden zwei Punkte a und b, deren gegenſeitige Entfernung bekannt war und deren Bilder in d und e die Netzhaut trafen, gleichzeitig fixirt, war $\angle abc = 90°$, während man y durch unmittelbare Meſſung zu finden ſuchte, ſo glich natürlich $bc = ab \tan y$. Wurde nun die Entfernung von b von dem vorderſten Punkte der Hornhaut f unmittelbar gemeſſen, ſo hatte man den Ort c im Innern des Auges. **Burow** [2]) fand bei Wiederholung des Verſuches, daß es unmöglich ſei, beide Punkte a und b gleichzeitig mit einem Auge zu viſiren und der Bulbus daher eine kleine Rotation vornehme, um zum Ziele zu gelangen. Iſt aber dieſes

[1]) a. a. O. S. 28.

[2]) A. **Burow** Beiträge zur Physiologie und Physik des menschlichen Auges. Berlin, 1842. 8. S. 63.

der Fall, ſo beſtimmt man auf dieſe Weiſe nicht den Kreuzungspunkt der Richtungslinien, ſondern den horizontalen Drehpunkt des Auges. Volkmann[1]) entgegnete hierauf, daß jener Uebelſtand nur eintrete, wenn man die rechte Diſtanz des Auges verfehle. Das Auffinden einer ganz exacten Entfernung muß aber ſchon durch einen anderen Umſtand ſehr erſchwert ſein. In dem Volkmann'ſchen Inſtrumente beträgt b c ungefähr 6'',5 und a b 1''; folglich a c = 6,5765. a liegt daher ungefähr $\frac{1}{2}$—$\frac{2}{3}$ Zoll weiter als b und das Auge, welches beide Punkte möglichſt ſcharf fixiren will, wird deshalb nicht bloß in Verſuchung kommen, ſich zu drehen, ſondern auch ſich ſucceſſiv zu accommodiren. In beiderlei Fällen aber ginge die vollſtändige Sicherheit des Reſultates verloren. Abgeſehen hiervon aber haben wir ſchon früher geſehen, daß der Volkmann'ſche Apparat nur die horizontalen Bewegungen des Auges controllirt und daß daher die gefundene Identität höchſtens von dieſer, nicht aber von den Rotationen des Bulbus im Allgemeinen gelten kann. Ueberdies bemerkten wir, daß die unmittelbaren Meſſungen des Winkels y und der Linie b f Fehlerquellen enthielten, deren Summe von Bedeutung werden kann.

Betrachten wir aber den Augapfel als einen Körper mit annähernd ſphäriſchen Durchſchnitten und wiſſen wir anderſeits, was in der Folge ſpecieller erhärtet werden ſoll, daß nur diejenigen Bilder, welche direct geſehen werden und auf die Gegend des gelben Fleckes der Netzhaut gelangen, deutlich erſcheinen, ſo müſſen der entſprechende Drehpunkt des Auges und der Kreuzungspunkt der Richtungslinien approximativ zuſammenfallen. Dieſes folgte ſchon aus der in §. 1012 angegebenen Vorrichtung, bei welcher ſich auf den entſprechenden Endpunkten der Radien concentriſcher Kreiſe befindlichen Nadeln bei den verſchiedenen horizontalen oder ſenkrechten Drehungen des Auges einander decken. Jede genauere Beweisführung dagegen ſcheitert an dem Mangel einer ſpeciellen mathematiſchen Beſtimmung der Form des Bulbus und der Ermittelung der Grenze, bei welcher zwei eben auseinander weichende Bilder von unſerer Netzhaut iſolirt wahrgenommen werden. Unter dieſen Verhältniſſen läßt ſich nur ſo viel ſagen, daß der Kreuzungspunkt der Richtungslinien, ſo lange nicht die Drehung des Bulbus zu weit nach außen oder nach innen fällt, nicht ſehr fern von dem idealen Mittelpunkte des Auges, d. h. von ungefähr 5''',29 von dem vorderen Ende der Augenachſe liegen wird.

Streng genommen kann natürlich das Netzhautbild nur dann vollkom- 1048
men deutlich erſcheinen, wenn die Vereinigungsweite der Lichtſtrahlen, welche von dem äußeren Gegenſtande ausgehen, genau auf die Oberfläche der Retina fällt. Denken wir uns daher die Curven der Brechungsmedien und die Refractionsverhältniſſe derſelben unveränderlich, ſo müßte ſcheinbar nur eine einzelne Entfernung exiſtiren, in welcher das Auge vollkommen ſcharf ſieht. Die geringſte Abweichung dieſſeits oder jenſeits dieſer flächenhaften Ausdehnung würde ſchon Zerſtreuungskreiſe, welche die Deutlichkeit des Geſehenen hindern, erzeugen. Eine Unvollkommenheit der Art findet jedoch in unſerem Auge nicht Statt. Ein geſunder Menſch z. B. ſieht Gegenſtände, welche 10 Zoll von ſeiner Hornhaut entfernt ſind, ſcharf und deutlich, nimmt aber diſtantere Objecte, ſie mögen 60 oder 120 Zoll oder noch weiter abſtehen, noch ſehr gut und befriedigend wahr. Erſt mit der Kleinheit und der geringeren Beleuchtung der Gegenſtände geht auch die Deutlichkeit verloren.

An todten Apparaten kehrt dieſe Erſcheinung in gleicher Art wieder. 1049
Fangen wir z. B. Bilder, welche in einer gewiſſen Entfernung liegen, mittelſt des in §. 1041 beſchriebenen künſtlichen Auges auf, ſo erhalten wir ſie gleich klar, der Abſtand von der vorderſten Linſe mag 36 Zoll oder viele Fuß betragen. Wir können unter geeigneten Verhältniſſen, wenn

[1]) Müller's Archiv. 1843. S. 9 — 11.

ſich der Apparat in der gehörigen Diſtanz vom Auge befindet, das Fenſterkreuz, das Fenſtergitter, ein gegenüberſtehendes Haus und den Himmel faſt mit vollkommen derſelben Deutlichkeit gleichzeitig zur Anſchauung bringen. Ganz ähnliche Erfahrungen machen wir, wie ſchon Magendie vollkommen richtig beobachtete, wenn wir die Bilder äußerer Gegenſtände auf der Netzhaut von Augen des Menſchen oder Kaninchen, welche nach der in §. 1041 geſchilderten Methode vorbereitet worden, auffangen. Nur müſſen die Präparate ganz friſch ſein, wenn nicht die beiderſeitigen Grenzen der Abſtände zu klein ausfallen ſollen.

Bildet aber der matte Grund des künſtlichen oder die Netzhaut des natürlichen Auges eine concave ſphäriſche Oberfläche, ſo lehren ähnliche Erfahrungen, welche wir an Cameris obscuris mit mehrfachen Linſen oder an den letzteren, wenn ſie tubusartig in einander gefügt ſind, allein anſtellen können, daß dieſelben Ergebniſſe auch an ebenen auffangenden Flächen wiederkehren. Zu gleicher Zeit beweiſen auch ſolche Verſuche — was aus der Theorie ebenfalls hergeleitet werden kann — daß die Reſultate um ſo günſtiger ausfallen, je ſtärker die Brechung, je kleiner das Bild iſt. Hierbei muß jedoch bei den freien Linſen die Stellung des Auges ſo gewählt ſein, daß die zuletzt gebrochenen Strahlen die nöthige Divergenz bei ihrem Eintritt in den Bulbus beſitzen[1]). Wir ſehen dann alle irgend näheren oder entfernteren Gegenſtände einer Landſchaft in dem umgekehrten Bilde mit einer prachtvollen Schärfe, wenn drei paſſende, durch die gehörigen Diaphragmen modificirte und in beſtimmten Entfernungen combinirte Gläſer angebracht ſind. Aus dieſem Grunde eignen ſich daher auch ſolche Camerae obscurae mit mehrfachen Linſen auf vorzügliche Weiſe, um in den Daguerrotypen perſpektiviſche Darſtellungen zu erreichen.

1050 Der nächſte Grund aller eben erwähnten Verhältniſſe liegt darin, daß ſich die gegenſeitigen Unterſchiede der Vereinigungsweiten der Bilder mit den Entfernungen verkleinern und überdies um ſo mehr vermindern, je ſtärker die Brechung iſt und je kleiner die Bilder ſelbſt werden. Hiervon können wir z. B. einen anſchaulichen Beleg erhalten, wenn wir die in §. 1045 gegebenen Berechnungen für die Vereinigungsweiten in dem menſchlichen Auge unter einander vergleichen. Wir ſahen, daß die von Olbers gebrauchten Formeln die Brechung durch den Meniscus der wäſſrigen Feuchtigkeit nicht berückſichtigten und daher die Vereinigungspunkte viel zu weit hinter die Netzhaut angaben. Bei der Berechnung des Auges nach Art der Normen für combinirte Linſen von verſchiedener Brechkraft erhielten wir Werthe, die von den gemeſſenen auf keine ſehr weſentliche Weiſe abwichen. Hierbei war auch natürlich die Refraction ſtärker als nach Olbers Methode. Die Zuſammenſtellung beider aber kann uns praktiſch zeigen, wie zwar die Unterſchiede der Vereinigungs-

---

[1]) Das Nähere dieſes letzteren Punktes ſiehe z. B. in J. C. E. Schmidt Lehrbuch der analytischen Optik, nach des Verfassers Tode herausgegeben von C. W. B. Goldschmidt. Göttingen, 1834. 8. S. 409.

weiten mit den Entfernungen, aber auch mit den Refractionsgrößen abnehmen. Wir erhalten aus den §. 1045 gelieferten Tabellen:

Unterſchiede der Entfernungen in Zollen		Unterſchiede der Vereinigungsweite in Linien		
		in dem Auge der 50jährigen Frau berechnet		des 30jährigen Mannes.
Grenzen.	Differenzen derſelben.	nach Olbers.	als Doppellinſe.	
unendlich bis 120″	—	0‴,0653	0‴,0172	0‴,0181
von 120″ bis 60″	60″	0‴,0660	0‴,0171	0‴,0180
von 60″ bis 40″	20″	0‴,0668	0‴,0172	0‴,0181
von 40″ bis 30″	10″	0‴,0675	0‴,0171	0‴,0180
von 30″ bis 20″	10″	0‴,1472	0‴,0341	0‴,0358
von 20″ bis 10″	10″	0‴,4321	0‴,1028	0‴,1061
von 10″ bis 5″	5″	0‴,9523	0‴,2039	0‴,2054
von 5″ bis 4″	1″	—	0‴,1007	0‴,0987
von 4″ bis 2″	2″	—	0‴,4803	0‴,4403

Wir ſehen alſo, daß der Unterſchied der Vereinigungsweiten für die gleichen Entfernungen nach der Berechnung der ſchwächeren Refraction nach Olbers 4—5 Mal ſo groß, als nach der zweiten richtigeren Beſtimmung ausfällt.

Die letztere läßt uns aber gleichzeitig einen Blick auf die Größe der Veränderungen werfen, welche die Vereinigungsweiten in unſerem Auge, wenn alle Zuſtände deſſelben die gleichen blieben, erleiden müßten. Es betragen nämlich, wie man aus den früheren Tabellen erſieht, die Differenzen:

Entfernung.	Auge der 50jährigen Frau.	Auge des 30jährigen Mannes.
von 60″ bis zu unendlicher Ferne.	0‴,0343	0‴,0361
von 10″ bis zu ihr.	0‴,2055	0‴,2141
von 4″ bis zu derſelben.	0‴,5101	0‴,5182
von 2″ bis zu derſelben.	0‴,9904	0‴,9585
von 10″ bis 60″.	0‴,1712	0‴,1780
von 4″ bis 10″.	0‴,3046	0‴,3041
von 2″ bis 4″.	0‴,4803	0‴,4403

Da wir aber verſchieden ferne Gegenſtände deutlich ſehen können, ſo entſteht zunächſt die Frage, auf welche Art dieſe Abweichungen der Vereinigungsweiten einflußlos gemacht werden.

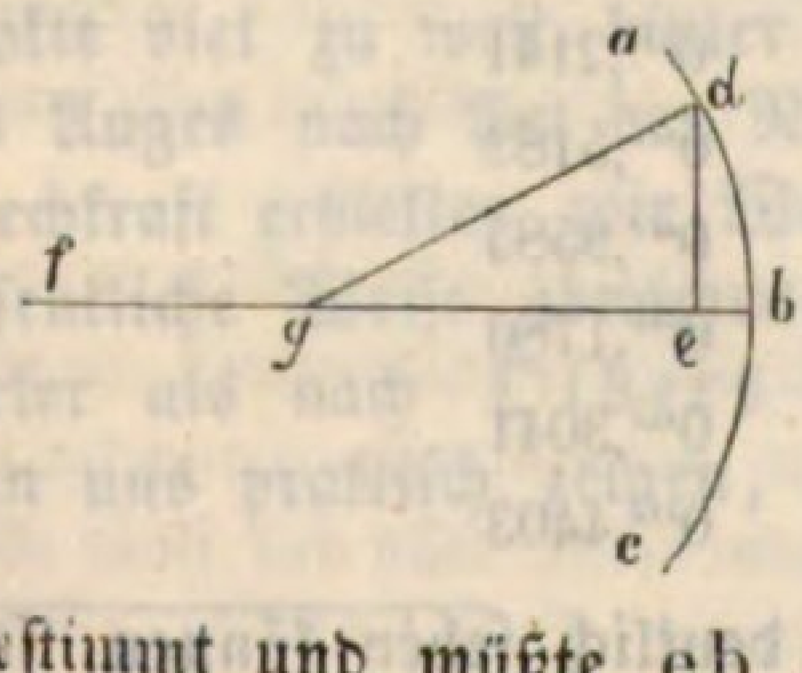
1051 Das Nächſte wäre, den Knoten zu zerhauen und anzunehmen, daß die Netzhaut ſelbſt dann die Bilder klar auffaſſe, wenn auch nicht die Vereinigungsweite der Strahlen genau auf dieſelbe falle, ſondern etwas von ihr entfernt zu Stande käme. Eine ſolche Hypotheſe hätte von vorn herein etwas durchaus Willkürliches und widerſpräche allen ſicheren Methoden, welche wir nie in der Naturforſchung, ohne unſerem Berufe untreu zu werden, verlaſſen dürfen. Auch würden dann, wie wir in der Folge ſehen werden, bei größeren Diſtanzen ſo bedeutende Zerſtreuungskreiſe entſtehen, daß ein ſcharfes Sehen, wie directe Verſuche lehren, unmöglich wäre.

1052 Iſt man aber auf die Art genöthigt, auf die Erklärung der Sache einzugehen, ſo müßte man zunächſt die anatomiſchen Verhältniſſe der Netzhaut in Erwägung ziehen. In dieſer Beziehung treten dreierlei Verhältniſſe, nämlich ihre Dicke, ihre Sphäricität und ihre Centralfalte mit dem gelben Flecke und dem Sömmerringſchen Loche in den Vordergrund.

1) Bekanntlich beſteht die Retina, wenn wir an ihr von außen, der Choroidealfläche her, nach innen fortſchreiten, aus der Jacobſchen Membran, der Ausbreitung der Primitivfaſern des Sehnerven mit den zwiſchen und an den Geflechten derſelben vorkommenden Nervenkörpern und der inneren Körnchenlage. So weit wir bis jetzt wiſſen, kann nur die Primitivfaſerſchicht mit den Nervenkörpern die Auffaſſung des Bildes vermitteln. Es müßte daher ein deutliches Sehen ſo lange Statt finden, als nicht die Vereinigungsweite des Bildes die Dicke dieſer Schichten überſchreitet, weil es gleichgültig ſein kann, ob ein näherer oder fernerer Lichtſtrahl von einer höher oder tiefer verlaufenden Primitivfaſer und dieſem oder jenem Nervenkörper wahrgenommen wird. Nun hatte die Netzhaut in der Augenachſe der 50jährigen Frau eine Dicke von 0‴,06 und der des 30jährigen Mannes eine ſolche von 0‴,066. Nehmen wir nun an, daß die Hälfte der = 0‴,03 bis 0‴,033 der Lage der Primitivfaſern und der Ganglienkugeln zukommt, ſo deckt dieſes die Vereinigungsweiten von 60″ bis zu einer unendlichen Ferne, nicht aber die aller näheren Gegenſtände, die wir nichts deſto weniger deutlich wahrnehmen können. Nicht minder unvollſtändige Reſultate giebt

2) die Betrachtung der Sphäricität. Abſtrahiren wir von der elliptiſchen Geſtalt und nehmen an, daß die Retina einen Kugelabſchnitt

Fig. 140.



abc bildet, ſo wird das Bild, wenn es z. B. in d auffällt, weiter nach vorn liegen, als wenn es in b erſcheint. Man könnte daher leicht glauben, daß ſich ferne Gegenſtände in d, nähere in b abſpiegelten und auf dieſe Art die Unterſchiede der Vereinigungsweiten zur Ausgleichung kämen. Die Differenz würde durch das auf die Achſe fb gefällte Perpendikel de beſtimmt und müßte eb gleichen. Nun werden wir aber in der Folge finden, daß wir nur diejenigen Bilder deutlich ſehen, welche auf die Oberfläche des gelben Fleckes auffallen. Seine Breite beträgt durchſchnittlich 1‴.

In dieſem Falle wird alſo $de = 0''',5$. Iſt nun g der Mittelpunkt und gleicht gd in dem Auge der 50jährigen Frau $\frac{9,7999 + 8,8355 + 9,2686}{2 \times 3} = 4''',6506$ — was von der Wahrheit nicht ſehr fern liegen kann —, ſo haben wir $ge = \sqrt{(4,6506 + 0,5)\,(4,6506 - 0,5)} = 4,6236$. Mithin $eb = 0''',027$. Die Annahme, daß die Bilder je nach den Diſtanzen auf verſchiedene Stellen des gelben Fleckes fallen, würde alſo die Sache auf keine weſentliche Weiſe fördern. Ueberdies ſprechen noch Gründe, die aus den ſubjectiven Momenten des Sehens erhellen werden, gegen eine ſolche Vorſtellung.

3) Die Netzhaut des Menſchen erhebt ſich in der Gegend der Augenachſe zur ſogenannten Centralfalte. Dieſe bildet zwei Leiſten; der gelbe Fleck breitet ſich zwiſchen ihnen, ſowohl in der Vertiefung als auf den Rändern der Falte aus. In ſeiner Mitte liegt das ſogenannte Sömmerringſche Loch, d. h. eine allmälig herabgehende Verdünnung, aber keine wahre Oeffnung der Netzhaut. Das hintere Ende der Augenachſe fällt in dieſe Gegend. Nun betrug die Höhe der Centralfalte in dem Auge der 50jährigen Frau $0''',4$. Sie erreicht ſogar nicht ſelten $0''',5$. Die Jacobſche Membran und wenigſtens ein Theil der Primitivfaſer- und Nervenkörperſchichten exiſtiren noch ſelbſt an den tiefſten Stellen der Sömmerringſchen Grubeneinſenkung. Da nun die Dicke der Netzhaut $0''',06$ bis $0''',066$ ausmacht, ſo könnte man höchſtens für die Ungleichheit dieſes Theiles derſelben $0''',43$ bis $0''',53$ in Anſpruch nehmen. Ließe ſich daher darthun, daß die Bilder ferner oder naher Gegenſtände verſchiedene Orte des Sömmerringſchen Fleckes treffen, ſo wären durch die Unebenheiten deſſelben die Differenzen zwiſchen 4 Zoll und einem unendlichen Abſtande ($= 0''',5101$ bis $0''',5182$) ungefähr gedeckt. Allein eine ſolche Hypotheſe iſt bis jetzt nicht beweisbar und hat ſogar die Thatſache zum Theil gegen ſich, daß wir nahe wie ferne Gegenſtände durch eine ſehr kleine Oeffnung erkennen können. Ueberdies läßt ſich kaum annehmen, daß die Thiere, welchen die Centralfalte mit dem gelben Flecke und dem Sömmerringſchen Loche mangelt, in ihrem Geſichte ſo beſchränkt ſeien, daß ſie nur in ſolchen Fernen, deren Differenzen der Vereinigungsweiten durch die Dicke und die Sphäricität der Netzhaut aufgehoben würden, genau unterſcheiden könnten. Es muß daher unterſucht werden, ob nicht das Auge noch außerdem das Vermögen beſitze, ſeine Refractionszuſtände bei dem Nahe- und Fernesehen zu verändern und auf dieſe Art die Unterſchiede der Vereinigungsweiten zu eliminiren, d. h. ſich in ſeinem Innern den verſchiedenen Abſtänden der Gegenſtände anzupaſſen.

Dieſe Frage des Accommodationsvermögens des Geſichtsorganes 1053
iſt bis auf die Gegenwart von den Phyſikern und Phyſiologen auf ſehr verſchiedene Weiſe beantwortet worden. Bald gänzlich geläugnet, bald zugeſtanden wurde ſie in dem letzteren Falle in einer Compreſſion des Bulbus, welche die Convexität der Hornhaut zu verändern im Stande ſei, in der Erweiterung oder Verengerung der Pupille, dem geſchichteten Bau der Kryſtalllinſe und der Bewegung derſelben nach vorn und hinten ge-

ſucht. Die Hypotheſen, welche die Hornhaut, die Iris und die Pupille betreffen, laſſen ſich direct widerlegen, weil dieſe Theile der unmittelbaren Beobachtung bei dem Nahe- und Fernſehen zugänglich ſind. Anders dagegen verhält es ſich mit der Bewegung der Kryſtallinſe, die natürlich kaum je direct nachgewieſen, noch durch ſichere rein phyſiologiſche Beweiſe wird beſtritten werden können.

Die in §. 1045 angeführte Grundformel für die optiſchen Berechnungen des Auges kann uns alle Momente, welche für das Accommodationsvermögen von Einfluß zu werden im Stande ſind, in einem Ueberblicke vorführen. Wenn ϱ den Radius der vorderen Krümmung der Hornhaut, σ den der hinteren der wäſſerigen Feuchtigkeit, α die Achſe des Meniscus und n den Brechungsexponenten, r, s, a und m die gleichen Werthe für die Kryſtalllinſe und d den Abſtand des geſehenen Gegenſtandes von der Vorderfläche der Cornea bezeichnet, ſo hatten wir:

$$\frac{1}{p}=(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)+(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right)+\left(\frac{n-1}{\varrho}-\frac{1}{d}\right)^2\frac{\alpha}{n}+\left[\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}+\frac{m-1}{r}-\frac{1}{d}\right]^2\frac{a}{m}$$

Je kleiner nun d wird, einen um ſo größeren Werth erhält auch $\frac{1}{d}$. Da nun aber dieſer Bruch als Abzugszahl in den beiden letzten Theilen der Gleichung vorkommt, ſo muß $\frac{1}{p}$ unter ſonſt gleichen Verhältniſſen um ſo mehr zunehmen, je mehr ſich d vergrößert, und umgekehrt. So wie jedoch wieder $\frac{1}{p}$ einen bedeutenderen Werth erhält, wird p kleiner, und vice versa. Es muß daher die Vereinigungsweite mit der Entfernung des Gegenſtandes abnehmen. Dieſes Verhältniß kann aber kein ſtetiges ſein; weil die beiden erſten Glieder der Gleichung, nämlich $(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)$ und $(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right)$ unter allen dieſen Umſtänden in derſelben Weiſe wiederkehren.

Soll nun der abweichende Werth für die Vereinigungsweite entfernterer Gegenſtände compenſirt werden, ſo könnte dieſes möglicher Weiſe dadurch geſchehen, daß ſich ϱ, σ, r, s verkleinert, d. h. daß die Krümmungshalbmeſſer der Vorderfläche der Hornhaut, der Hinterfläche der wäſſerigen Feuchtigkeit oder einer der beiden Oberflächen der Kryſtalllinſe ab- und die Krümmungen ſelbſt zunehmen. Von den übrigen Grundwerthen können aber nur noch α und a Veränderungen eingehen. Da die von einigen älteren Forſchern (Grimm) aufgeſtellte Hypotheſe, daß ſich die Refractionszuſtände der brechenden Medien momentan ändern, phyſikaliſchen Begriffen entgegenſteht, ſo müſſen wir n und m als fix anſehen. Die einzigen wandelbaren Größen wären daher nur noch α und a, d. h. der Abſtand der Vorderfläche der Hornhaut von der der Linſe und die Achſe der letzteren. Je größer ſie werden, um ſo mehr vergrößern ſich auch $\frac{\alpha}{n}$, $\frac{a}{m}$ und $\frac{1}{p}$, und um ſo kleiner erſcheint daher auch p.

1054 Prüfen wir nun aber die verſchiedenen rückſichtlich des Anpaſſungsvermögens aufgeſtellten Hypotheſen, ſo wurde zunächſt angenommen, daß die Augenmuskeln den Augapfel bei dem Naheſehen zuſammendrücken und auf dieſe Weiſe, indem ſie ihn platter machen, den Abſtand von der Vorderfläche der Hornhaut zur Oberfläche der Netzhaut in der Augenachſe vergrößern. Da die Diſtanz für unendliche Entfernungen in dem Auge der 50jährigen Frau 9‴,5704, in einer ſolchen von 4″ dagegen 10‴,0805 betrug, ſo mußte ſich die Augenachſe in dem letzteren Falle um 0‴,5101 verlängern oder die Mitte der Cornea bei dem Naheſehen ungefähr um ½ Linie vorrücken. Während die Grundidee dieſer Hypotheſe von Kepler

herrührt, ſchrieben zunächſt Camper, Olbers, Home und Tourtual dieſe Compreſſionsthätigkeit den geraden Augenmuskeln zu. Allein etwas der Art wäre höchſtens an dem todten, ſchon in Fäulniß übergegangenen und ſchlaffen Bulbus möglich. Der lebende prall geſpannte und durch die elaſtiſche Fettumgebung geſchützte Augapfel kann keine Veränderung der Art erleiden. Ueberdies ſind der Rectus internus und inferior häufig genug bei dem Naheſehen, wenn wir z. B. leſen oder ſchreiben, ſtärker zuſammengezogen, als der Rectus superior und externus, ſo daß ein gleichförmiger Druck unmöglich wird. Noch weniger iſt die Anſicht, daß die geraden Augenmuskeln den Augapfel bei dem Fernſehen nach dem Grunde der Augenhöhle hinziehen und die Augenachſe auf dieſe Weiſe verkürzen, anatomiſch-phyſiologiſch zu halten. Andere, wie le Camus, zum Theil Rouhault, Luchtmans [1]) nahmen die Obliqui in dieſer Beziehung zu Hilfe. Allein etwas der Art könnte nur dann gedacht werden, wenn der obere ſchiefe Augenmuskel den Bulbus fixirte und der untere denſelben zuſammendrückte. Dann müßte ſich die vordere Fläche der Hornhaut, wenn wir nur nach dem todten Auge urtheilen wollten, vorſchieben. Allein einerſeits iſt das letztere wiederum im Leben nicht möglich und anderſeits ſehen wir oft genug in die Nähe, ohne daß die Obliqui in der oben vorgeſchriebenen Weiſe zur Thätigkeit kommen.

Andere Forſcher rechneten auf die Veränderungen der Form der Hornhaut, um das Anpaſſungsvermögen des Auges zu erläutern. Sie müßte natürlich als Folge der mittelſt der Augenmuskeln erzeugten Quercompreſſion des Bulbus hervortreten. Allein die Erfahrung ſpricht, abgeſehen von allen theoretiſchen Discuſſionen, gegen eine ſolche Annahme auf entſchiedene Weiſe. Wir können ſchon bei der Beobachtung mit freiem Auge keinen Unterſchied in der Form und Wölbung der Cornea wahrnehmen, der Menſch mag nahe oder fern ſehen. Noch beſtimmter machen wir dieſelbe negative Erfahrung, wenn wir das Auge eines Individuum mittelſt eines Fernrohres oder noch beſſer auf folgende Weiſe fixiren. Man ſchraubt von einem größeren zuſammengeſetzten Mikroſkope, z. B. einem Schiek'ſchen, den Reflexionsſpiegel los, befeſtigt eine ſchwache, weit tragende Linſe an den Objecttiſch, ſo daß ſie mit dem eingefügten Doppeloculare die Vergrößerung übernimmt. Nun ſtellt man den Tubus horizontal und ſo ein, daß man das Auge eines Menſchen, der mit befeſtigtem Kopfe und ohne den Bulbus zu drehen, abwechſelnd nahe und fern ſieht, in dem umgekehrten und vergrößerten Bilde ſcharf wahrnimmt. Man wird dann finden, daß in keinem Falle auch nur der geringſte Unterſchied in der Krümmung der Hornhaut eintritt. 1055

Manche Forſcher, wie z. B. Olbers [2]) und Young [3]) haben ſich mit dieſer Hypotheſe auch inſofern auf mathematiſchem Wege zu beſchäftigen geſucht, als ſie berech-

---

[1]) Siehe G. J. Luchtmans diss. de mutatione axis oculi secundum diversam distantiam objecti ejusque causa. Traj. ad Rhen. 1832. 8. p. 18 u. p. 40 sqq.

[2]) H. W. M. Olbers de oculi mutationibus internis. Gottingae, 1780. 4. p. 30.

[3]) Philosophical Transactions For the Year 1801. Part. I. London, 1801. 4. p. 53 sqq.

neten, um wie viel der Radius der Hornhaut abnehmen müßte, wenn das hinter die Netzhaut fallende Bild auf die Oberfläche derſelben gelangen ſollte. Olbers ging hierbei von einer einfachen Deduction aus. Nennen wir nämlich die Entfernung des leuchtenden Punktes d, den Halbmeſſer der Hornhautkrümmung ϱ, den Brechungsexponenten derſelben n und die Vereinigungsweite des Bildes nach dem Durchtritte durch die Hornhaut γ, ſo haben wir $\frac{n\,d\,\varrho}{(n-1)\,d-\varrho} = \gamma$ (§. 1045). Setzen wir nun voraus, daß γ conſtant bleibe, während ſich ϱ ändert, ſo haben wir $\varrho = \frac{(n-1)\,d\,\gamma}{n\,d+\gamma}$. In dem Auge der 50jährigen Frau, wie es in §. 1045 nach der Olbers'ſchen Formel berechnet worden, hatten wir z. B. $\varrho = 4''',0515$; $n = 1,3296$ und für parallele Strahlen $\gamma = 16''',3437$. Hiernach ergab ſich z. B.:

d.	ϱ.	Differenz von ϱ.
1440 (= 120″)	4,0172	0,0343
120 (= 10″)	3,6751	0,3764
60 (= 5″)	3,4409	0,6106
24 (= 2″)	2,6792	1,3723

Natürlicher Weiſe müßten ſo bedeutende Veränderungen der Cornea, welche freilich durch Correctionen noch herabgeſetzt werden könnten [1]), ſchon aus der Ferne dem freien Auge auffallen. Jeder Bulbus würde in die Kategorie eines ſehr unvollkommenen optiſchen Inſtrumentes treten, wenn er ſich ſolcher Mittel für das Nahe- und Fernſehen bedienen müßte. Uebrigens werden natürlich alle Berechnungen irgend einer Art wegen der Beſtändigkeit der Hornhaut bei den verſchiedenen Thätigkeiten des Auges überflüſſig.

1056 Auch die vielfachen Theorien, welche auf die Größe der Pupille und den blättrigen Bau der Kryſtalllinſe fußen, laſſen ſich durch die Erfahrung leicht widerlegen. Man ging nämlich bei ihnen von der Vorausſetzung aus, daß ſich immer die Pupille bei dem Naheſehen verkleinere, wenn der Blick dagegen in die Weite gerichtet iſt, erweitere. Nun nahm man entweder an, daß die Beugung des Lichtes, welche an dem Pupillarrande Statt findet (Mile), oder der Durchgang der Lichtſtrahlen durch die inneren Schichten der Kryſtalllinſen und deren ſtärkere Brechung die Compenſation für den Unterſchied der Vereinigungsweite bedinge. Allein abgeſehen von den richtigen Einwendungen, welche ſich gegen ſolche Vorſtellungen ſelbſt machen laſſen [2]), iſt das Axiom, von welchem alle dieſe Betrachtungen ausgehen, unrichtig. Denn die Bewegungen unſerer Pupille hängen nicht von dem Nahe- und Fernſehen, ſondern — wie in der Nervenphyſiologie näher erläutert werden wird, — von der gleichzeitigen Thätigkeit der Augenmuskeln und der Stärke des einfallenden Lichtes ab. Läßt man z. B. einen Menſchen an einem Tage mit bedecktem Himmel, wo die Sonne durch die Wolken halb durchſcheint, abwechſelnd nahe und fern ſehen, ſo daß ſein Auge von dem ſtärkeren Lichtreize getroffen, nicht aber

[1]) Olbers a. a. O. p. 36.
[2]) Siehe z. B. Joh. Müller's Physiologie. Bd. II. Abth. II. Coblenz, 1838. 8. S. 330 fgg.

geblendet wird, ſo kann man ſich mittelſt des in §. 1055 geſchilderten Mikroſkop-Apparates überzeugen, daß der Pupillarrand der Iris und die Pupille ſelbſt auch nicht die geringſte Veränderung bei der Fixation verſchieden diſtanter Gegenſtände erleidet. Hat ein Kartenblatt ein mit einer Nadel durchſtochenes Loch, deſſen Durchmeſſer bedeutend kleiner iſt, als der Diameter der Pupille, wenn er ſein Minimum erreicht, ſo können wir durch die Oeffnung nahe wie ferne Gegenſtände erkennen. Die Umflorung, welche bei einer gewiſſen Kleinheit der Mündung eintritt, trifft beide auf gleiche Art. Ja es finden ſich ſogar ausnahmsweiſe Fälle, in welchen die Pupille gerade die entgegengeſetzten Bewegungen vornimmt, die ſie machen müßte, wenn ſie für das Accommodationsvermögen gebraucht würde. Sie erweiterte ſich z. B. auf dem rechten Auge bei einer 30- bis 40jährigen Dame, wenn dieſe las oder ſich mit Nähen beſchäftigte, in ſo bedeutendem Maaße, daß die Iris bis beinahe an den Hornhautrand reichte, verengerte ſich dagegen zur Größe eines Stecknadelkopfes, wenn ein kleiner Gegenſtand in einer Entfernung von 9 Zoll beobachtet wurde. Die Erſcheinung fehlte dagegen, ſobald das Object mehr oder weniger als 9″ vom Auge abſtand (Ware)[1].

Lambert[2]) und Olbers[3]) ſuchten die Größe der Pupille bei verſchiedenen Entfernungen der Gegenſtände, indem ſie eine gewiſſe Wechſelbeziehung beider vorausſetzten, näher zu beſtimmen. Da jedoch dieſe Prämiſſe nicht allgemein richtig iſt, ſo erhalten auch Erfahrungen der Art nicht denjenigen Einfluß, welchen ſie ſonſt haben würden.

Während ſich aber ein bindendes negatives Urtheil rückſichtlich der Be- 1057
ziehungen der Hornhaut und der Iris zu dem Accommodationsvermögen fällen läßt, iſt dieſes in Betreff der übrigen Momente, die hier in Betracht kommen können, nicht der Fall, weil die entſprechenden Theile im Innern des Auges verborgen liegen. Wir ſind nur inſofern im Stande, mit ſicherer Kritik fortzuſchreiten, als wir zu beurtheilen vermögen, ob die durch den Calcül gebotenen Veränderungen den anatomiſch-phyſiologiſchen Verhältniſſen widerſprechen oder nicht. Zuvörderſt ließe ſich annehmen, daß ſich die Krümmungshalbmeſſer der vorderen oder der hinteren Oberfläche der Kryſtalllinſe bei dem Naheſehen verkleinern, indem die letztere z. B. von den Seiten zuſammengedrückt und daher vorn und hinten convexer würde. Allein wenn auch die Linſenſchichten in der Peripherie ſehr weich ſind, ſo haben ſie doch im friſchen Zuſtande unzweifelhafter Weiſe Feſtigkeit genug, um einem ſo leiſen Drucke, als überhaupt im Innern des Auges ausgeübt werden kann, zu widerſtehen. Ein ſolcher Grad von Nachgiebigkeit, als die eben erwähnte Hypotheſe vorausſetzt, würde wiederum den Stempel großer Unvollkommenheit an ſich tragen und müßte oft zu den bedeutendſten Verwirrungen Anlaß geben. Höchſtens ließe ſich denken, daß das Auge für das Sehen in die Nähe ajuſtirt ſei und die Faſern der Zonula Zinnii, indem ſie ſich verkürzen und peripheriſch

---

[1]) Gilbert's Annalen der Physik. Neue Folge. Bd. XXIV. 1816. 8. S. 260.
[2]) Siehe G. R. Treviranus Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Sinneswerkzeuge des Menschen und der Thiere. Heft I. Bremen, 1828. 8. S. 23.
[3]) Olbers a. a O. p. 12

an der Linſenkapſel ziehen, die Oberflächen der Linſe etwas abplatten. Allein der Rechnung nach ſtimmt der Abſtand der Oberfläche der Netzhaut von der der Vorderfläche der Hornhaut mit dem Sehen in unendliche Ferne, während das Deſiderat des Accommodationsvermögens für die Wahrnehmung in ſehr geringen Diſtanzen hervortritt. Jede Hypotheſe, welche ſich auf eine Umänderung der Subſtanz der Linſe ſtützt, ſtößt überdies auf die Schwierigkeit, daß ſich dadurch die weicheren Schichten der Kryſtalllinſe ſehr leicht verſchieben würden und dieſes der Deutlichkeit der Bilder, welche durch die polyzonale Linſe hindurchgehen, Eintrag thun müßte.

1058 Unter allen Hypotheſen, die aufgeſtellt worden, hat noch die, daß die in der tellerförmigen Grube nicht abſolut befeſtigte Kryſtalllinſe bei dem Naheſehen um ein Minimum vorrücke, theoretiſch das Wenigſte gegen ſich. Denn berechnen wir die Vereinigungsweite der Bilder, wie dieſes §. 1045 geſchehen iſt, nach der für die Doppellinſen gültigen Formel, ſo läßt ſich zeigen, daß die Kryſtalllinſe nur um nahe an $\frac{1}{10}$ pariſer Linie vorzurücken brauchte, damit das Sehen in 2 bis 4″ eben ſo gut als das in eine unendliche Ferne möglich werde. Dieſes rührt davon her, daß ſich dann die Concavität des Meniscus der wäſſrigen Feuchtigkeit durch die geringſte Veränderung des Abſtandes der Linſe nach den für die Augenberechnung vorausgeſetzten Principien ebenfalls ändert, d. h. in ihrem Halbmeſſer verkleinert und daher in ihrer Krümmung vergrößert.

Die Art und Weiſe, wie das Vorſchieben der Linſe zu Stande kommt und ob es überhaupt eintritt, iſt unbekannt. Geſetzt auch, die Faſern der Zonula Zinnii wären contractil, ſo könnten ſie nur die Linſenkapſel durch ihre unmittelbare Wirkung etwas nach hinten führen. Eher ließe ſich die Annahme von Hueck denken, daß die verſchiedenartige Füllung des Canalis Petitii die Urſache jener geringen Bewegung ſei, indem die Falten, in welche er nach außen übergeht, herabgedrückt, die in ihnen enthaltene Flüſſigkeit in den Hauptcanal eingezwängt und ſo die Linſe etwas vorgeſchoben und die tellerförmige Grube flacher gemacht würde. Jedoch fehlen natürlich alle definitiven Belege ſelbſt für eine ſolche Vorſtellung.

Dieſe Hypotheſe würde auch den Einfluß der Narcotica auf das Auge am natürlichſten erklären. Tröpfelt man nämlich z. B. Bilſenkrautextract auf die Bindehaut des Bulbus, ſo werden die Sphincterfaſern der Pupille nach einiger Zeit gelähmt. Das Sehloch erweitert ſich bedeutend. Das Auge wird bei den meiſten Menſchen mit geſunden fernſichtigen Bulbis presbyopiſcher. Es erzeugen ſich daher ſchon bei einer größeren Diſtanz des Gegenſtandes, als im Normalzuſtande Zerſtreuungskreiſe und Vervielfältigungen der Bilder. Die Vergrößerung des Sehloches allein kann dieſe Folgen nicht hervorrufen. Nehmen wir dagegen an, daß nicht bloß die Sphincterfaſern der Iris, ſondern auch die des Ciliarſyſtemes erſchlafft oder gelähmt werden, ſo wird mehr Flüſſigkeit aus dem Petitſchen Canal in die Fortſätze deſſelben eindringen. Die Linſe muß ſo um ein Minimum zurückrücken und das Auge fernſichtiger werden. Es wird ſich übrigens aus der Unterſuchung des Achromatismus des Auges ergeben, daß dieſe Anſicht auch durch dieſe Momente unterſtützt wird.

Hueck [1]), welcher die Hypotheſe des Vorrückens der Kryſtalllinſe in neuerer Zeit am ausführlichſten vertheidigt hat, ſtützte ſich dabei auf die Berechnungen von Senff, denen wiederum die Olbers'ſchen Formeln zum Grunde liegen. Hiernach ſollte ſogar eine Bewegung der Linſe nach vorn = 0''',75 nur ſo weit hinreichen, daß ein 18'' weit entferntes Object deutlich geſehen werde. Hueck war daher noch zu der Annahme genöthigt, daß ſich der Querdurchmeſſer der Linſe gleichzeitig um $\frac{1}{8}$ verkürze und die Wölbung derſelben daher zunehme. Natürlich würde die ganze Hypotheſe fallen, wenn ſo bedeutende Veränderungen, die kaum denkbar ſind, zu ihrer Conſtatirung zu Hilfe gezogen werden müßten. Allein die richtigere Grundformel der Berechnung des Auges führt auch hier zu erſprießlicheren Reſultaten.

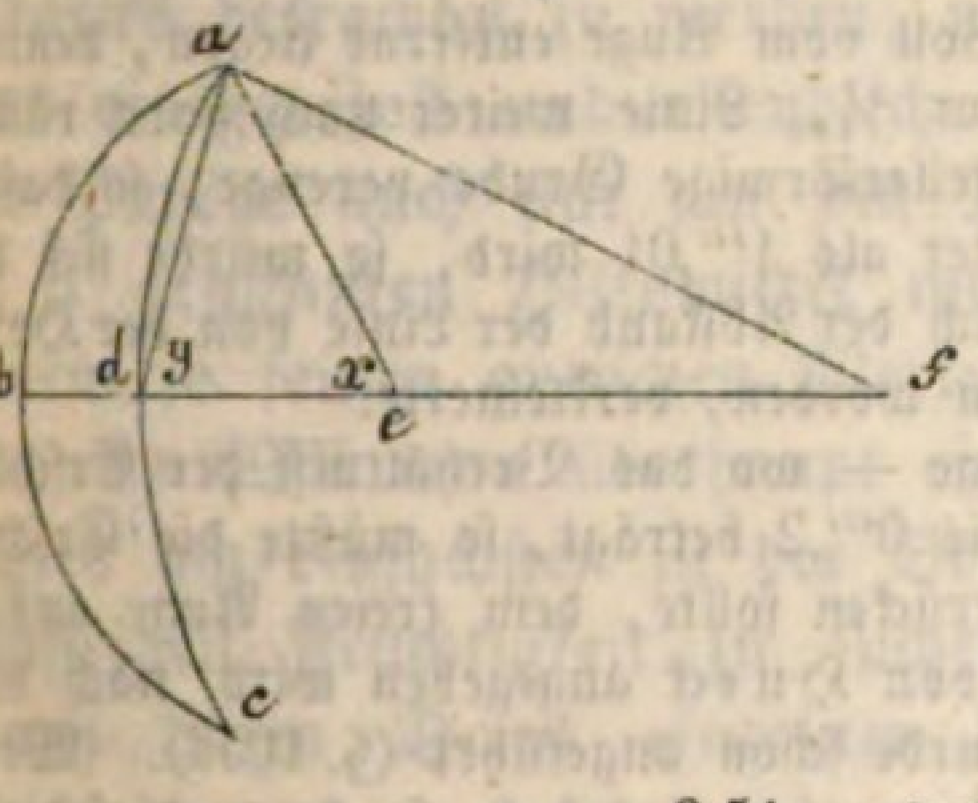
Recapituliren wir uns dieſelbe, ſo haben wir:

$$\frac{1}{\ } = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)+(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right)+\left(\frac{n-1}{\varrho}-\frac{1}{d}\right)^2 \times \frac{\alpha}{n}+\left(\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}\right.$$
$$\left.+\frac{m-1}{r}-\frac{1}{d}\right)^2 \times \frac{a}{m}.$$

Wechſelt nun der Abſtand der Vorderfläche der Hornhaut von der der Linſe, während natürlich die Dicke der Cornea dieſelbe bleibt, ſo muß α einen anderen Werth erhalten. Es wird ſich verkleinern, je mehr die Linſe vorrückt, d. h. $\frac{\alpha}{n}$ wird dann ebenfalls geringer. Allein dieſe Veränderung würde noch untergeordnet bleiben, wenn nicht die Variation von α noch andere Folgen nach ſich zöge. Nach den in §. 1045 aufgeſtellten Principien der Berechnung bildet σ eine Function von α. Es wird mit der Verkleinerung deſſelben ebenfalls kleiner und daher $\frac{1}{\sigma}$ größer. Erſt dadurch kann die Vereinigungsweite auf befriedigende Weiſe näher rücken, indem ſich die Werthe $\left(\frac{n-1}{\varrho} + \frac{n-1}{\sigma} + \frac{m-1}{r} - \frac{1}{d}\right)^2$ und vorzüglich $(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)$ vergrößern. Man ſieht aber leicht, daß jeder andere Einfluß, welcher auf σ wirkt, auch ohne Veränderung der Entfernung der Linſe von der Hornhaut zu ähnlichen Reſultaten führen müßte.

Gehen wir zur Rechnung ſelbſt über, ſo müſſen wir z. B. in dem Auge der 50jährigen Frau vor Allem σ beſtimmen. Iſt nun wiederum ab die ſphäriſch gedachte innere Oberfläche der Hornhaut und adc die Concavität der Hinterfläche der wäſſerigen Feuchtigkeit, ſo betrug der Halbmeſſer der Vorderfläche der Cornea 4''',0515 und ihre Dicke in der Augenachſe 0''',5. Wir haben mithin be = ac = 3''',5515. Nehmen wir nun an, die Linſe ſei um 0''',09 vorgerückt, ſo glich der Abſtand der Vorderfläche der Hornhaut von der der Linſe 1''',1. Wir haben daher bd = 1''',1 — (0''',5 + 0''',09) = 0''',51. Mithin de = 3''',5515 — 0''',51 = 3''',0415. x bleibt natürlich wie früher = 38° 6' 5''. Es iſt aber:

Fig. 141.



$\frac{1}{2}$ (180° — 38° 6' 5'') = 70° 56' 57'' und

$$\text{tang. } n = \frac{0{,}51 \times \text{tang. } 70^\circ\, 56'\, 57''}{6{,}593} = \text{tang. } 12^\circ\, 37'\, 35''$$

und daher y = 70° 56' 57'' + 12° 37' 35'' = 83° 34' 32''.

Wir erhalten ferner:

$$a\,d = \sqrt{\left[\frac{7{,}003 \times 6{,}083 \times \sin.^2 19^\circ\, 3'\, 3''}{\sin.^2 \text{ tot.}} + (0{,}51)^2\right]} = 2''',2053.$$

endlich $af = \sigma = \frac{2{,}2053 \times \sin.\ 83^\circ\, 34'\, 32''}{\sin.\ 12^\circ\, 50'\, 56''} = 9''',8547.$

Die übrigen Grundwerthe der Gleichung bleiben natürlich, mit Ausnahme von α,

---

[1]) A. Hueck die Bewegung der Krystalllinse. Dorpat, 1839. 4. S. 105 fgg.

dieſelben, nämlich $\varrho = 4''',0515$; $n = 1,3336$; $r = 2''',1885$; $s = 2''',0111$; $a = 3''',1$ und $m = 1,0350$.

Durch den Wechſel von ϱ und α gehen folgende conſtante Werthe in andere Größen über [1]):

$$(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) = 0,116192.$$

$$\log.\ \frac{\alpha}{n} = \log.\left(\frac{1,01}{1,3336}\right) = 0,8792958 - 1.$$

$$\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}+\frac{m-1}{r} = 0,1321847.$$

Dagegen bleiben

$$(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) = 0,0333961.$$

$$\frac{n-1}{\varrho} = 0,08234, \text{ und}$$

$$\log.\ \frac{a}{m} = 0,4764214.$$

Berechnen wir hieraus die Vereinigungsweiten, ſo müſſen wir natürlich wieder als Abſtand der Linſe von der Hornhaut 1''',1 nehmen, weil durch das Vorrücken der Linſe um 0''',09 hinten ſo viel Raum frei geworden. Wir erhalten dann:

In Linien ausgedrückte	
Entfernung des Bildes.	Diſtanz der Vereinigungsweite von der Oberfläche der Hornhaut in der Augenachſe.
48 (= 4'')	9,4589
42 (= 3''',5)	9,7373

Nun betrug der gemeſſene Abſtand der Oberfläche der Netzhaut von der Vorderfläche der Hornhaut in der Augenachſe 9''',49, der berechnete 9''',5704. Es erhellt alſo hieraus, daß Bilder, welche zwiſchen 3½ und 4 Zoll vom Auge entfernt liegen, deutlich geſehen werden müßten, wenn die Linſe nur um $^9/_{100}$ Linie weiter nach vorn rückte. Wollte man aber auch annehmen, daß ſich die tellerförmige Grube verenge, ſo daß α bei der Endſummation kleiner als 1''',1 und größer als 1''',01 wird, ſo würde ſich dieſes, wie man leicht ſieht, ſchon corrigiren, wenn ſich der Abſtand der Linſe von der Hornhaut um weniger als $^1/_{100}$ Linie, als angenommen worden, verkleinerte.

Da die Vorderfläche der Linſe im todten Auge — wo das Verhältniß der Erſchlaffung wegen eher größer als kleiner iſt — 0''',1 bis 0''',2 beträgt, ſo müßte die Erſcheinung, wenn die Linſe nach Hueck um 0''',75 vorrücken ſollte, dem freien Auge auffallen. Daß aber etwas der Art, das in der That von Hueck angegeben wird, nach meinen Beobachtungen wenigſtens nicht vorkomme, wurde ſchon angeführt (§. 1056). Wenn dagegen das Vorrücken nur 0''',09 und ſelbſt noch weniger beträgt, ſo kann dieſes natürlich vor ſich gehen, ohne daß man äußerlich das Geringſte zu merken im Stande iſt.

Wir haben bis jetzt die Sache ſo angeſehen, als blieben die Dicke und die Centralfalte der Netzhaut einflußlos. Nehmen wir an, daß es gleichgültig iſt, in welche Tiefe der Ganglienkugel- und Nervenfaſerſchicht die Vereinigungsweite fällt, ſo haben wir als nothwendige Forderung derſelben 9''',5704 + 0''',03 = 9''',6004. Es braucht daher das Vorrücken der Linſe in noch etwas geringerem Maaße Statt zu finden, wenn dieſes Ziel erreicht werden ſoll. Dann ſchwindet, wie zum Theil ſchon früher (§. 1052) bemerkt wurde, faſt alle Nothwendigkeit des Accommodationsvermögens. Denn die Höhe

1) Hierbei iſt für σ nicht der Numerus, ſondern ſein unmittelbar gefundener Logarithmus (= 0,9936419) genommen.

der Centralfalte betrug 0‴,4. Rechnen wir die Dicke der Nervenkörper- und Primitivfaſerſchicht als 0‴,03 hinzu, ſo haben wir 0‴,43. Folglich werden Bilder, deren Vereinigungsweiten zwiſchen 9‴,5704 und 9‴,5704 + 0,43 = 10,0004 liegen, gar keine Anpaſſung erfordern. Der in §. 1045 gegebenen Berechnung nach hat 5″ Entfernung 9‴,9798 und 4″ Diſtanz 10‴,0805. Das ganze Accommodationsvermögen wäre für 4 bis 5 Zoll und eine unendliche Ferne überflüſſig. Sollten aber noch Objecte in 3″ deutlich geſehen werden, ſo brauchte die Linſe nur um 0‴,02 oder $^1/_{50}$ pariſer Linie vorzurücken, damit Alles befriedigend ausfiele. Dann haben wir (Fig. 141):

be = ae = 3‴,5515; bd = 0‴,58; de = 2‴,9715; x = 38° 6′ 5″. Daher y = 85° 23′ 19″. Es iſt mithin ad = 2,1986 und σ = 13,6734. Hieraus folgt: $(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) = 0{,}1067377$; $\log. \frac{\alpha}{n} = 0{,}9083982 - 1$ und $\frac{n-1}{\varrho} + \frac{n-1}{\sigma} + \frac{m-1}{r} = 0{,}1227304$. Bei 12‴ = 3″ Entfernung ergiebt ſich in dieſem Falle für den Abſtand von der Hinterfläche der Linſe 5‴,8980 und folglich für den von der Vorderfläche der Hornhaut in der Augenachſe 5‴,8980 + 3‴,1 + 1‴,1 = 10‴,0980.

Man ſieht leicht, daß die vorzüglichſte Veränderung der Endwerthe von der Größe σ als der Concavität der wäſſrigen Feuchtigkeit abhängt. Wir haben ſie mit dem Abſtande der Linſe von der Hornhaut in Beziehung gebracht, weil dieſes Verhältniß das natürlichſte iſt und in unſerer Grundformel zum Theil vorausgeſetzt wird. Allein auch jedes andere Moment, welches in dieſer Beziehung auf σ einzuwirken vermag, müßte denſelben Erfolg haben.

Reſumiren wir aber das Ganze, ſo ergeben ſich folgende Schlüſſe: 1059

1) An dem ſogenannten Accommodationsvermögen hat der Druck der ſich zuſammenziehenden Augenmuskeln inſofern keinen Antheil, als dieſe weder die Augenachſe verlängern noch den vorderen Theil des Bulbus ſchärfer hervortreten laſſen können. Eben ſo wenig wird

2) das Naheſehen dadurch bewirkt, daß ſich die Cornea mehr wölbt und einen geringeren Krümmungshalbmeſſer annimmt.

3) Die Vergrößerung und Verkleinerung der Pupille vermag ebenfalls nicht als die alleinige oder weſentliche Urſache des Anpaſſungsvermögens betrachtet zu werden, weil es Fälle giebt, in denen der eine Bulbus einige Zoll und unendlich entfernte Gegenſtände ſieht, ohne daß ſich die Pupille auch nur um ein Minimum verändert. Die unter Nr. 1, 2 u. 3 genannten Hilfsmittel würden auch bei ihrer Rohheit und Größe einem ſo feinen optiſchen Werkzeuge, wie dem Auge, wenig entſprechen.

4) Will man überhaupt ein Accommodationsvermögen ſtatuiren, ſo iſt dieſes am einfachſten in der Veränderung des Krümmungshalbmeſſers der wäſſrigen Feuchtigkeit zu ſuchen. Möglicher Weiſe könnte dieſes durch einen leiſen Druck einzelner Augenmuskeln auf den Bulbus erfolgen. Sicherer und wahrſcheinlicher würde daſſelbe durch ein Vorrücken der Kryſtalllinſe mittelſt der Feuchtigkeit des Petitſchen Canales und der äußeren Fortſätze derſelben zu Stande kommen. In dieſem Falle brauchte die Bewegung der Linſe nach vorn in dem vollkommen normalen Auge der 50jährigen Frau nur um $^9/_{100}$ Linie vorzurücken, damit Gegenſtände, die nur zwiſchen 3½ und 4″ entfernt wären, ungefähr dieſelbe Vereinigungsweite, wie unendlich ferne Objecte ohne Accommodation erhielten. Natürlich könnte eine ſolche Veränderung vor ſich gehen, ohne daß äußerlich am Auge etwas zum Vorſchein kommt, weil der Abſtand der Vorderfläche der Linſe von dem Niveau der Pupille 0‴,1 und ſelbſt mehr beträgt.

5) Faßt man aber die Anweſenheit der Centralfalte der Netzhaut und den gelben Fleck mit dem Centralloche in dem Sehorgane des Menſchen ins Auge, ſo läßt ſich die Nothwendigkeit eines Accommodationsvermögens zu einem ſehr großen Theile bis gänzlich eliminiren, wenn man z. B. annimmt, daß die 50jährige Frau zwiſchen 4 — 5 Zoll deutlich ſah und entfernte Bilder mehr in die Peripherie des gelben Fleckes, nähere mehr in die Mitte oder die größte Tiefe des Centralloches fallen. Denn der Unterſchied in den Vereinigungsweiten bloß 5″ und unendlich weiter Strahlen war 0‴,4094. Nun glich die Höhe der Centralfalte mit der Dicke der empfindenden Schicht der Netzhaut 0‴,43. Es kann mithin durch dieſe Organiſation des Menſchen möglicher Weiſe eine Deckung Statt finden. Will man dagegen ſtatuiren, daß das Individuum noch nähere Gegenſtände als 4 — 5 Zoll deutlich ſah, ſo brauchte die Linſe nur um $\frac{1}{50}$ Linie vorzurücken, damit noch 3 Zoll entfernte Objecte mit vollkommener Beſtimmtheit wahrgenommen würden.

Die vorzüglichſten Schwierigkeiten, welche der Annahme der vollſtändigen Elimination des Anpaſſungsvermögens durch die Anweſenheit der Centralfalte entgegenſtehen, laſſen ſich in folgende Punkte zuſammenfaſſen.

1) Müßten ſich hiernach die Richtungslinien verrücken. Die Augenachſe würde ſo geſtellt ſein, daß die durch ſie gehenden Richtungslinien unendlich ferner Gegenſtände auf die am meiſten hervortretende Peripherie des gelben Fleckes fielen und daß ſie bei dem Sehen in 4 — 5″ Entfernung auf die größte Tiefe des Centralloches gelangten. Der hierbei nach der einen oder der andern Seite gebildete Winkel betrüge im Maximum ungefähr 6° bis 7° — ein Werth, der jedoch viel zu bedeutend iſt, als daß ſich eine ſolche Veränderung der Augenachſe ſchon jetzt mit irgend einer Wahrſcheinlichkeit annehmen ließe.

2) Beſitzt nur der erwachſene Menſch eine vollſtändige Centralfalte mit dem gelben Flecke und dem Centralloche. Die beiden letzteren Gebilde treten erſt mit dem ſechsten bis zehnten Lebensmonate bei dem Kinde deutlich hervor. Allein gerade dieſer Umſtand würde eher dafür zeugen, weil ſo zarte Kinder in den erſten Monden ihrer Exiſtenz nicht deutlich in die Nähe, ſehr gut dagegen in die Ferne ſehen.

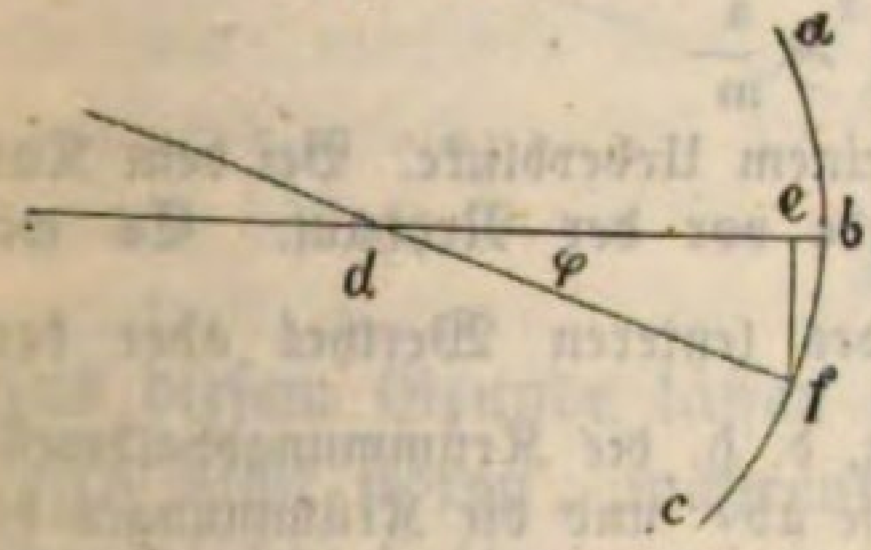
3) Findet ſich eine ſolche Organiſation nur bei dem Menſchen, den Affen und höchſtens ausnahmsweiſe, z. B. wenigſtens nach der Angabe von Treviranus, dem Chamäleon. Hier müßten dann andere Verhältniſſe, ſofern überhaupt die Grenzen des deutlichen Sehens ſo bedeutend ſind, die Anpaſſung vermitteln. Allein um in dieſer Beziehung ein Urtheil zu fällen, fehlt die Hauptſache, nämlich ſichere Meſſungen als die Baſis fernerer Rechnungen, unzweifelhafte Beſtimmungen, welche die Grenzen des Nahe- und Fernſehens dieſer Geſchöpfe feſtſtellen und Nachweiſe, wie weit ſich die Perceptionsfähigkeit der Netzhaut erſtrecke und inwiefern die ſeitliche Stellung der Augen, die Anweſenheit des Retractor bulbi bei den Säugethieren, des Kammes im Auge der Vögel, der Campanula in dem der Fiſche u. dgl. hierauf einfließen.

Alles zuſammen nöthigt uns aber zu der Anſicht, daß die Unebenhei-

ten des gelben Fleckes und des Centralloches im Auge des Menſchen einen großen Theil der Ausdehnung des Sehens decken und jedes Accommodationsvermögen innerhalb dieſer Grenzen unnöthig machen. Es können daher Bilder, die unendlich fern oder nur einige Fuß abſtehen, ja noch näher liegen, von ſelbſt wahrgenommen werden. Da es jedoch nicht wahrſcheinlich, im Gegentheil ſogar durch directe Thatſachen ſcheinbar widerlegt iſt, daß ſich die Augenachſen bei dem Nahe- oder Fernſehen verrücken, ſo kann nicht alles Anpaſſungsvermögen hinwegfallen. Es muß vielmehr bei der Betrachtung ganz naher Gegenſtände zu Hilfe gezogen werden. Aendert ſich dann die Hinterfläche der wäſſrigen Feuchtigkeit oder rückt die Kryſtalllinſe nur ein Minimum, zwiſchen $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{100}$ Linie vor, ſo wird ſelbſt das vollkommen deutliche Sehen in die größte Nähe von 3—4 Zoll, wie die angeſtellten Rechnungen beweiſen, möglich.

Um den Winkel der Richtungslinien bei dem Auffallen des Bildes auf die Peripherie des Sömmerring'ſchen Fleckes oder die größte Tiefe des Centralloches annähernd zu finden, können wir uns folgender Methode bedienen. Geſetzt, abc ſei die hintere Wölbung der ſphäriſch gedachten Netzhaut, d der Mittelpunkt des Bogens und ef der halbe Durchmeſſer des kreisförmig angenommenen Sömmerring'ſchen Fleckes, ſo daß df = db und fe auf db ſenkrecht iſt, ſo haben wir $\sin. \varphi = \frac{ef : \sin. tot.}{df}$

Fig. 142.



Nun betrug der mittlere Halbmeſſer des Bulbus der 50jährigen Frau, wenn wir ihn uns als kugelig vorſtellen, 5''',1833. Rechnen wir hiervon die Dicke der Sklerotica, Choroidea und Retina in der Augenachſe ab, ſo können wir auf annähernde Weiſe db = df = 5''',1833 — (0''',6 + 0''',05 + 0''',06) = 4''',4733 annehmen. Da nun ef = 0''',5, ſo ergiebt ſich $\varphi = 6^{\circ}\ 52'\ 52''$.

Fehlte die Centralfalte in dem Auge des Menſchen, ſo müßte die Sphäricität der Netzhaut allein die Unterſchiede der Vereinigungsweiten näherer und entfernterer Gegenſtände decken. Nun betrug die Dicke der empfindenden Schichten der Netzhaut 0''',03; die Vereinigungsweite für parallele Strahlen 9''',5704, die für 60'' Diſtanz 9''',6047 und die für 4 Zoll Entfernung 10''',0805. Nehmen wir an, daß die Differenz unendlicher und 60'' entfernter Strahlen durch die Dicke der Retina gedeckt werde, ſo müßte die Sphäricität 10''',0805 — 9''',6047 = 0''',4758 eliminiren. Dieſem Werthe müßte eb gleichen. Wir haben daher de = db — eb = 4''',4566 — 0''',4758 = 3''',9808. Da nun df = 4''',4566, ſo erhalten wir: ef $\sqrt{(df + de)(df - de)}$ = 2''',0038, d. h. die ſcharf empfindende Stelle der Netzhaut braucht bei dem Menſchen nur 2 × 2,0038 oder 4 Mal ſo groß als der Sömmerring'ſche Fleck, wenn dieſer mangelte, zu ſein, damit die Dicke und Sphäricität der Retina ein Sehen in 4 Zoll bis zu einer unendlichen Entfernung möglich mache. Dieſe Folgerung kann, wie ſich von ſelbſt ergiebt, mit den nöthigen Veränderungen auf das Auge der Thiere übertragen werden.

Wir haben bis jetzt vorausgeſetzt, daß das Auge alle Bilder von 1060
3 bis 4 Zoll bis zu einer unendlichen Ferne gleich gut ſieht. Allein nur die wenigſten Menſchen erfreuen ſich einer ſolchen Virtuoſität im ſtrengſten Sinne des Wortes. Ein geſunder Bulbus faßt z. B. kleinere bis mittelgroße Gegenſtände in einem Abſtande von 10 Zoll am deutlichſten, jenſeits oder dieſſeits dieſer Größe dagegen ſchwächer oder gar nicht auf. Man nennt daher den Werth der letzteren, der ſchon wegen der Dicke der empfindenden Schichten der Netzhaut immer nur ein ungefährer ſein kann und ſich innerhalb einer gewiſſen Entfernung erſtrecken muß, die mittlere

Sehweite. Manche Augen ſind ſo organiſirt, daß ſie nahe und kleine Gegenſtände ſehr ſcharf, entfernte dagegen undeutlich ſehen, während bei anderen gerade das Umgekehrte Statt findet. Der erſtere Fehler bildet die Kurzſichtigkeit, Myopie, der letztere die Weitſichtigkeit, Presbyopie. Bei jener fallen ſchon die Vereinigungsweiten naher Objecte auf die Netzhaut und daher die entfernter vor derſelben. Der Weitſichtige dagegen fixirt die Bilder unendlich ferner oder bedeutend abſtehender Gegenſtände auf ſeiner Retina, ſo daß deshalb die von nahen hinter dieſelbe kommen. Momente, welche, wie z. B. eine größere Convexität der Hornhaut, eine bedeutendere Krümmung der wäſſrigen Feuchtigkeit, ſtärkere Krümmungsflächen der Linſe, vergrößerte Refractionsexponenten der brechenden Medien (?) u. dgl. die Ablenkung verſtärken oder eine von vorn herein zu lange Augenachſe machen daher myopiſch, die umgekehrten dagegen presbyotiſch.

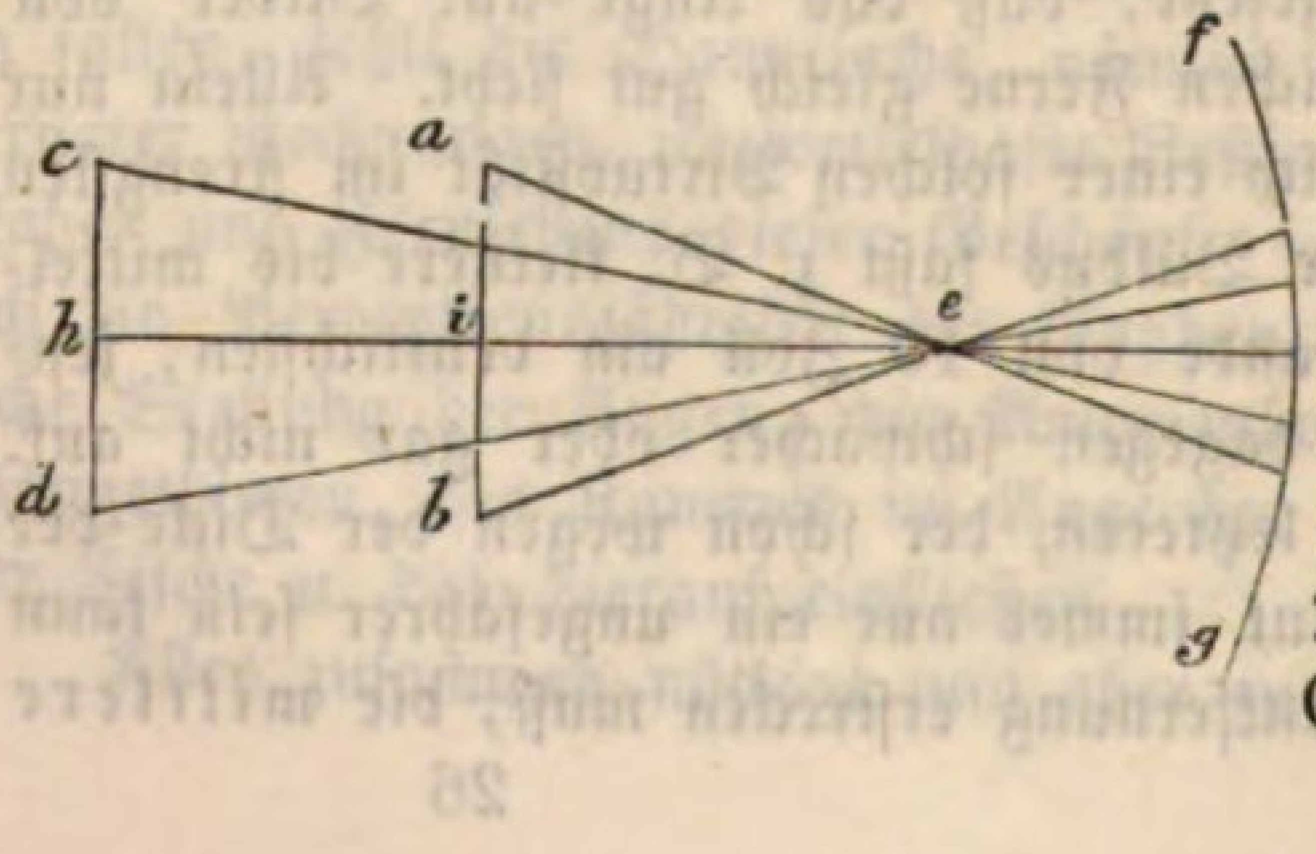
Die Grundformel der Brechungserſcheinungen des Auges,

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right) + (m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right) + \left(\frac{n-1}{\varrho}-\frac{1}{d}\right)^2 \times \frac{\alpha}{n} + \left(\frac{n-1}{\varrho}+\frac{n-1}{\sigma}+\frac{m-1}{r}-\frac{1}{d}\right)^2 \times \frac{a}{m}$$

erläutert uns auch hier alle urſächlichen Momente in einem Ueberblicke. Bei dem Kurzſichtigen fällt die Vereinigungsweite ferner Gegenſtände vor der Netzhaut. Es wird alſo p kleiner und $\frac{1}{p}$ größer. Die Vermehrung des letzteren Werthes aber kann zunächſt eintreten, wenn ſich ϱ, σ, r oder s verkleinern, d. h. die Krümmungshalbmeſſer der Hornhaut, der wäſſrigen Feuchtigkeit und der Linſe ab- und die Krümmungen dieſer Gebilde ſelbſt zunehmen. Leute mit ſehr vorſtehender Hornhaut, mit großen vollſaftigen Bulbis, ſogenannten Ochſenaugen u. dgl. ſind daher auch nothwendiger Weiſe kurzſichtiger, wenn nicht dieſe Uebelſtände durch eine geringere Länge der Augenachſe oder andere bald zu erwähnende Momente compenſirt werden. Natürlich müßten ſtärkere Brechungsexponenten der Refractionsmedien denſelben Erfolg haben. Allein es fragt ſich noch, ob dieſe Werthe bei verſchiedenen Menſchen dergeſtalt von einander abweichen, daß ſie allein den Unterſchied der Myopie und Presbyopie bedingen. Wachſen α oder a, ſo wird $\frac{1}{p}$ größer, d. h. eine größere Dichtigkeit der Hornhaut, des Humor aqueus oder der Linſe können als Urſachen der Kurzſichtigkeit auftreten. Bei ſehr großen Abweichungen der Art, wie z. B. bei coniſcher Hervortreibung der Hornhaut, zu bedeutendem Uebermaaß der wäſſrigen Feuchtigkeit, kann ſich der Fehler dergeſtalt vergrößern, daß faſt alles deutliche Sehen unmöglich wird.

1061 Daß der Kurzſichtige kleine Gegenſtände beſſer als der Weitſichtige aufzufaſſen vermag, liegt in den Verhältniſſen der Geſichtswinkel. Denken wir uns z. B., ab ſei ein Object von geringem Umfange und fg die Netzhaut, ſo wird es von dem Kurzſichtigen in der Entfernung von i und unter dem Geſichtswinkel aeb geſehen. Der Weitſichtige vermag aber den gleich großen Gegenſtand cd erſt in der Diſtanz h und daher unter dem Geſichtswinkel ced zu erkennen.

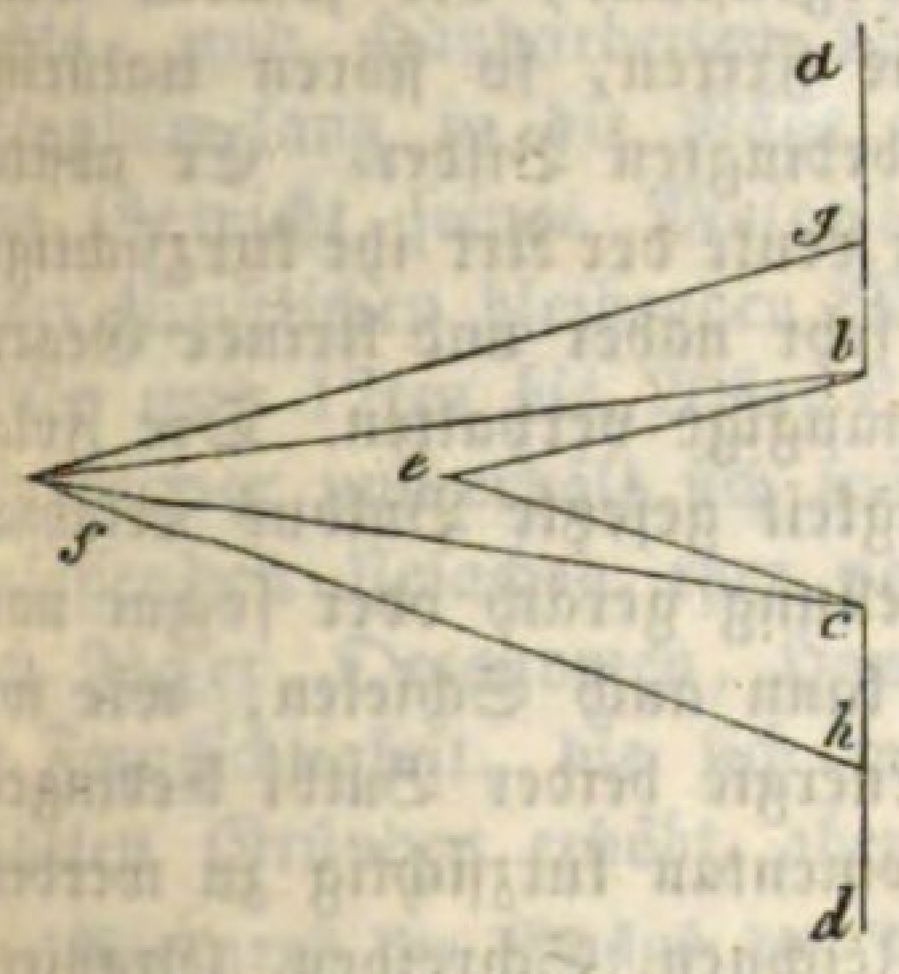
Fig. 143.



Dieſer wird daher leicht ſo klein, daß die Auffaſſung des Bildes überhaupt nicht mehr erfolgen kann. Aus dieſem Grunde ſind Kurzſichtige im Stande, ſehr kleine Schrift zu leſen, ſehr feine Schravirungen und ähnliche Dinge zu verfertigen, während Weitſichtige, denen das Vermögen, dieſſeits ihrer Sehweite mit gehöriger Präciſion aufzufaſſen, abgeht, ohne fernere Unterſtützung höchſtens gröbere Schrift in bedeutender Ferne leſen können.

Eben ſo leicht erklärt ſich, weshalb Kurzſichtige zur Betrachtung klei- 1062
ner und naher Gegenſtände weit weniger Licht als Weitſichtige brauchen. Denn geſetzt, abcd ſei die Iris und bc die Pupille, ſo wird der Myopiſche einen leuchtenden Punkt ſchon bei e, der Presbyopiſche dagegen erſt bei f erkennen. Geht mithin ein Lichtſtrahlenkegel ebc von e aus vollſtändig durch das Sehloch bc durch, ſo wird er von f aus, wenn $\angle bec = \angle gfh$ als fgh auffallen. Die Iris muß dann, wenn die Pupille dieſelbe bleibt, die Theile gfb und cfh abſchneiden. Der Weitſichtige nimmt daher weniger Lichtſtrahlen in ſein Auge auf und bedarf deshalb einer ſtärkeren Beleuchtung des Gegenſtandes. Aus dieſem Grunde laſſen ſich Kurzſichtige durch die Dämmerung in ihrem Leſen nicht ſtören, während weitſichtige alte Leute das Buch hinter dem Kerzenlichte halten, um mehr Lichtſtrahlen zu gewinnen.

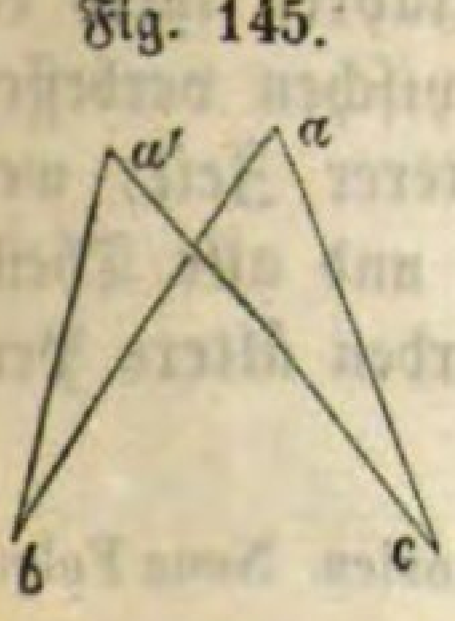
Fig. 144.



Während aber auf dieſe Weiſe die Myopiſchen in mancher Beziehung 1063
im Vortheil ſind, haben ſie anderſeits die Infirmität, daß die beiderſeitigen Grenzen der Entfernung ihres ganz deutlichen Sehens weit kleiner ausfallen und oft ſelbſt bis auf 1″ — 1″,5 reducirt ſind. Der Grund dieſer Eigenthümlichkeit liegt darin, daß die Vereinigungsweiten unter einander um ſo mehr differiren, je weniger die Gegenſtände von der Hornhaut entfernt ſind.

Die beiden Augen der meiſten Menſchen bieten ungleiche Größen ih- 1064
rer Sehweiten dar, ſo daß das eine verhältnißmäßig kurz-, das andere weitſichtig iſt. Dieſer Fehler findet ſich bei gebildeten Perſonen, bei Leuten, welche viel ſchreiben, leſen, nähen und ſich überhaupt anhaltender mit nahen und kleinen Gegenſtänden beſchäftigen, häufiger und in ſtärkerem Maaße, als wenn ſolche Bedingungen fehlen, ausgeſprochen. Iſt derſelbe bedeutender, ſo läßt er ſich auf folgende einfache Weiſe ermitteln. Man laſſe einen kleinen Strich a, z. B. eines Maaßſtabes mit beiden Augen zugleich ſo fixiren, daß er vollkommen ſcharf und deutlich geſehen wird. Sind beide Augen gleich weitſichtig, ſo wird das fixirte Object gerade in der Mitte zwiſchen beiden Hornhautoberflächen ſtehen, ſo daß ab = ac oder beide Werthe wenigſtens faſt gleich ſind. Wenn dagegen das eine Auge ſo kurzſichtig iſt, daß ſeine mittlere Sehweite nicht mehr mit

Fig. 145.



der des anderen Bulbus zuſammenfällt, ſo muß a nach a′ rücken, ſo daß ab < ac iſt. Bei b wird das kurzſichtige, bei c dagegen das fernſichtige Sehorgan liegen.

Man hat ſich nun vorgeſtellt, daß dieſe Ungleichheit beider Augen das Sehen begünſtige, indem der Menſch ſchon von ſelbſt nähere und entferntere Objecte mit ſeinen beiden verſchiedenſichtigen Bulbis wahrnehme (Porterfield, Treviranus). Allein die Erfahrung lehrt, daß etwas der Art als Normalzuſtand nicht Statt findet und die Differenz, wenn ſie einen bedeutenderen Grad erreicht, weſentliche Nachtheile bedingt. Will nämlich das Individuum z. B. einen Gegenſtand, der ſeinem weitſichtigeren Auge entſpricht, mit beiden Bulbis fixiren, ſo ſtören natürlich die undeutlichen durch das myopiſche Auge bedingten Bilder. Er abſtrahirt daher von dieſem, und ſo kommt es, daß Leute der Art ihr kurzſichtigeres Sehorgan nur höchſtens zur Betrachtung ſehr naher und kleiner Gegenſtände gebrauchen, ſich dagegen ſonſt wie Einäugige verhalten. Die Folge davon iſt, daß der immer mehr außer Thätigkeit geſetzte Bulbus erlahmt, ſchwachſichtig wird und in eine ſchielende Stellung geräth oder ſogar nach und nach faſt gänzlich erblindet. Umgekehrt kann auch Schielen, wie wir in der Folge ſehen werden, eine ungleiche Energie beider Bulbi bedingen.

1065 Ebenſo vermag ein weitſichtiges Auge momentan kurzſichtig zu werden, wenn man ſich z. B. anhaltend mit feinem Zeichnen, Schreiben, Graviren oder mehrere Stunden lang mit mikroſkopiſchen Unterſuchungen beſchäftigt hat. Man hat in dieſem Umſtande einen Beweis für die Exiſtenz des Anpaſſungsvermögens finden wollen. Das Auge ſollte nicht den einmal für längere Zeit angenommenen Accommodationszuſtand verlaſſen können. Allein wenn man eine ſolche Fähigkeit nicht zugeben wollte, ſo ließe ſich z. B. die Sache auch dahin deuten, daß nicht ſowohl die Verrückung des hinteren Endes der Augenachſe von der Tiefe des Centralloches nach der Peripherie des Sömmerring'ſchen Fleckes nicht ſo bald vor ſich gehe, als daß der letztere Anfangs eben ſo unempfänglich ſei, wie wenn die Netzhaut überhaupt eine Zeit lang nicht geübt worden. In dieſem Falle müßte er zunächſt ein nur undeutliches gleichſam indirectes Sehen vermitteln.

1066 Die Myopie und Presbyopie kann nach Verſchiedenheit von Krankheits- oder Geſundheitszuſtänden oder nach dem Alter wechſeln [1]). Wenn z. B. ein Bulbus waſſerſüchtig wird, ſo ſtellt ſich auch in ihm Kurzſichtigkeit aus leicht begreiflichen Gründen ein. Gelingt es, das Leiden bei akutem Hydrops durch ſtarke Laxantien, wie Kalomel, oder bei chroniſchem durch Diuretica u. dgl. Reizmittel zu entfernen, ſo hört auch der Geſichtsfehler auf. Vollſaftige Leute ſind eher in den jüngeren Jahren ihres Lebens zur Kurzſichtigkeit geneigt. Das Geſicht ſolcher Myopiſchen verbeſſert ſich aber nicht ſelten im Mannesalter oder in noch ſpäterer Zeit, weil auch mit der Fülle des Körpers die des Auges abnimmt und alle Theile deſſelben flacher werden. Aus den gleichen Gründen werden ältere Per-

[1]) Beiſpiele der Art ſiehe unter andern bei Ware in Gilbert's Annalen. Neue Folge. Bd. XXIV. Leipzig, 1816. S. 274 fgg.

ſonen, die früher eben ſo gut in die Nähe als in die Ferne geſehen, in höheren Jahren einſeitig presbyopiſch. Kinder in den erſten Lebensmonaten erblicken entfernte Gegenſtände ſehr gut, ganz nahe dagegen minder ſicher. Während der nachfolgenden Jahre bildet ſich das Geſichtsorgan dergeſtalt aus, daß eine gewiſſe Virtuoſität für jede Diſtanz exiſtirt. Nur ausnahmsweiſe erſcheint hier ſchon die Kurzſichtigkeit und weit ſeltener eine krankhafte Presbyopie [1]), ſo daß kleinere nahe Gegenſtände nicht deutlich aufgefaßt werden. Bildet ſich die Myopie accidentell aus, ſo tritt dieſes meiſt in Folge der Beſchäftigungen, welche Bildung und Stand erfordern, ein. Bei dem Leſen, Schreiben, Nähen, Sticken und allen feineren Geſichts- und Handarbeiten überhaupt muß das Sehorgan Tag für Tag Stunden lang in die Nähe ſehen. Dieſer Zuſtand wird allmälig durch das Gewicht ſeines Majoritätsverhältniſſes habituell und das Auge zu einer künſtlichen bleibenden Myopie erzogen. Sie tritt meiſt zwiſchen dem 10ten und 12ten bis 20ſten Lebensjahre in ihren erſten bemerklicheren Folgen hervor und erhält ſich ſpäter oder nimmt ſogar zu, weil ſich die veranlaſſenden Urſachen eher vergrößern als vermindern. Umgekehrt üben ſich Jäger, Oeconomen, Handwerker, die mit größeren Arbeiten umgehen, in Fernſichtigkeit, die ſich mit den höheren Jahren aus den ſchon angeführten Gründen erhöht, aber auch einſeitiger wird.

Wie groß der Einfluß der Beſchäftigungen auf die Ausbildung der Kurz- oder Weitſichtigkeit ſei, lehren die ſtatiſtiſchen Angaben, welche einzelne Forſcher in dieſer Beziehung geliefert haben. Schon Ware [2]) fand faſt keinen Kurzſichtigen unter 10000 engliſchen Soldaten, nur 3 unter 1300 Kindern, dagegen 32 unter 127 Studenten. Holke [3]) hat in dieſer Beziehung ausgedehntere und ſpeciellere Unterſuchungen mitgetheilt. Unter 14075 Perſonen jeden Alters, Geſchlechtes und Standes ergaben ſich 6379 Kurzſichtige, 5685 Weitſichtige und 2011 Schwachſichtige. Die Geſammtſumme = 100 hat daher die Myopie 45,32 %, die Presbyopie 40,39 % und die Amblyopie 14,29 %. Um aber den Einfluß des Alters und der Beſchäftigungen näher kennen zu lernen, habe ich die nachfolgende Tabelle dergeſtalt entworfen, daß ich die Zahl der von Holke unterſuchten Perſonen jeder einzelnen Rubrik = 100 ſetzte und dieſe außerdem auf den Geſammtwerth 14075 reducirte. Hiernach ergiebt ſich:

---

[1]) Belege hierfür ſiehe z. B. ebendaſelbſt S. 278.
[2]) a. a. O. S. 255.
[3]) Holke Disquisitio de acie oculi dextri et sinistri. Lipsiae, 1830. 4. G. Th. Fechner's Repertorium der Experimentalphyſik. Bd. II. Leipzig, 1832. 8. S. 208 ff.

Individuen.		Procentige Werthe. Beſchaffenheit des Geſichtsorganes. Beide Augen							Geſammtſumme der unterſuchten Perſonen.	Verhältniß dieſer Geſammtſumme zu der aller geprüften Individuen überhaupt.
		ungleich				gleich				
		kurzſichtig.		weitſichtig.						
Stand.	Alter in Jahren.	das linke kurzſichtiger	das rechte kurzſichtiger	das linke weitſichtiger	das rechte weitſichtiger	kurzſichtig.	weitſichtig.	amblyopiſch.		
Schüler u. Studenten	16—25	13,79	26,11	1,04	1,10	54,36	2,44	1,16	1639	0,1165
Theoretiſche Gelehrte	25—60	15,19	17,67	1,41	1,77	51,24	9,89	2,83	283	0,0201
Prakticirende Gelehrte	25—60	13,41	13,47	5,29	6,46	36,06	20,41	4,90	1797	0,1277
Männer höheren Standes	16—60	11,00	15,18	5,50	5,24	41,36	18,32	3,40	382	0,0271
Künſtler	16—60	5,88	4,58	11,11	5,88	12,42	47,71	12,42	153	0,0109
Schreiber	16—60	10,22	14,36	5,95	5,95	29,37	22,51	11,64	773	0,0549
Kaufleute von ſitzender Lebensart, Rechnungsführer ꝛc.	16—60	11,25	15,50	6,99	5,17	36,47	17,33	7,29	329	0,0234
Kaufleute, die ein bewegtes Leben führen, Ladendiener ꝛc.	16—60	8,39	11,48	8,19	7,84	23,98	31,66	8,46	2527	0,1795
Jäger, Oeconomen, Ackersleute ꝛc.	6—16 (16–60?)	2,02	2,86	11,11	11,95	6,23	51,18	14,65	594	0,0422
Brauer	16—60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67	12	0,0009
Soldaten, Officiere	16—60	8,22	7,63	6,85	12,13	22,70	29,94	12,53	511	0,0363
Schuſter	16—60	2,29	3,82	12,21	9,92	6,11	43,51	22,13	131	0,0093
Schneider	16—60	0,53	2,63	13,16	16,84	5,26	42,10	19,48	190	0,0135
Schmiede und andere Feuerarbeiter	16—60	1,47	4,90	9,31	4,41	4,41	42,16	33,34	204	0,0145
Andere Handwerker, deren Arbeit weniger Einfluß auf das Geſicht hat	16—60	3,87	4,33	10,48	11,28	9,23	41,22	19,59	878	0,0624
Frauen aus den niederen Ständen	16—60	5,33	7,16	8,35	8,73	17,46	29,76	23,21	2624	0,1864
Frauen aus den höheren Ständen	16—60	1,28	2,05	7,95	9,74	3,85	33,33	41,80	390	0,0277
Knaben	8—16	16,67	11,54	6,41	2,56	38,46	3,85	20,51	78	0,0055
Mädchen	8—16	17,86	17,86	0,00	3,57	46,43	7,14	7,14	28	0,0020
Gelehrte	60—90	6,49	7,79	9,74	5,20	14,93	25,97	29,88	154	0,0109
Künſtler	60—90	8,33	2,78	5,56	11,11	8,33	22,22	41,67	36	0,0026
Kaufleute	60—90	0,00	0,00	9,62	0,00	3,85	40,38	46,15	52	0,0037
Jäger	60—90	5,36	1,79	1,79	1,79	1,79	30,35	57,13	56	0,0040
Handwerker [1]	60—90	4,00	1,33	8,00	6,67	2,67	17,33	62,67	75	0,0053
Frauen	60—90	1,68	0,56	5,59	5,03	7,26	14,52	65,36	179	0,0127

[1]) In der Einzeltabelle ſind hier 78 Einheiten ſtatt 75 verzeichnet.

Nehmen wir nun an, daß Holke eine zur Aufſtellung allgemeiner Normen hinreichende Zahl von Individuen unterſucht hat — was mit Ausnahme Einzelner, z. B. der Brauer, richtig ſein dürfte — ſo können wir zunächſt den Einfluß der verſchiedenen Beſchäftigungen erwachſener Männer auf die Sehweite am einfachſten beurtheilen, wenn wir die procentigen Werthe der Kurz- und Weitſichtigkeit ohne Rückſicht auf die Gleichheit oder Ungleichheit beider Augen zuſammenſtellen. Die nachfolgende Tabelle iſt dergeſtalt entworfen, daß ſich auf der einen Seite diejenigen Rubriken befinden, bei welchen die Myopie, auf der anderen die, bei welchen die Presbyopie die Majorität der Fälle in Verhältniß zur Kurzſichtigkeit ausmacht.

Männer zwiſchen 16 bis 25 und 60 Jahren.	Procentige Menge der Kurzſichtigen.	Männer zwiſchen 16 und 60 Jahren.	Procentige Menge der Weitſichtigen.
Schüler und Studenten.	94,26 %	Brauer.	33,33 %
Theoretiſche Gelehrte.	84,10 %	Kaufleute mit bewegter Lebensweiſe, Ladendiener ꝛc.	47,69 %
Männer höherer Stände.	67,54 %	Soldaten, Officiere.	48,92 %
Kaufleute mit ſitzender Lebensweiſe, Rechnungsführer ꝛc.	63,22 %	Schmiede und andere Feuerarbeiter.	55,88 %
Prakticirende Gelehrte.	62,94 %	Handwerker, deren Arbeit weniger Einfluß auf das Geſicht hat.	62,98 %
Schreiber.	53,95	Künſtler.	64,70 %
		Schuhmacher.	65,64 %
		Schneider.	72,10 %
		Jäger, Oeconomen, Ackersleute.	74,24 %

Unter den Frauen aus niederen Ständen zwiſchen 16 und 60 Jahren (die ſich wahrſcheinlich mehr mit weiblichen Handarbeiten beſchäftigen) finden ſich 29,95 %, unter denen höherer Klaſſen dagegen nur 7,18 % Kurzſichtige. Da die oben verzeichneten Männer im Durchſchnitt 39,44 %, die Frauen von gleichen Altersgrenzen dagegen nur 18,56 % Myopiſche geben, ſo würde ungefähr je eine kurzſichtige Frau auf 2 bis 3 myopiſche Männer kommen.

Was die Wirkung des Alters betrifft, ſo ergiebt ſich in dieſer Beziehung folgende Mitteltabelle:

Individuen.	Alter in Jahren.	Procentige Menge der Kurzſichtigen.	der Weitſichtigen.	der Amblyopiſchen.
Knaben.	8—16	66,67 %	12,82 %	20,51 %
Mädchen.	8—16	82,15 %	10,71 %	7,14 %
Männer.	16—60	39,44 %	44,54 %	16,02 %
Frauen.	16—60	18,56 %	48,92 %	32,51 %
Männer [1].	60—90	13,88 %	47,49 %	13,88 %
Frauen.	60—90	9,50 %	25,14 %	65,36 %

[1]) Hier kommt natürlich wegen des ſchon in der Haupttabelle bemerkten Fehlers, der ſich bei den Handwerkern zwiſchen 60 und 90 Jahren eingeſchlichen, etwas mehr als 100 heraus

Wir ſehen hieraus, daß die Kurzſichtigkeit bei beiden Geſchlechtern mit dem Alter aus den ſchon oben angeführten Gründen bedeutend abnimmt und bei den Männern auf ungefähr ⅓, bei den Frauen dagegen auf ½ ſinkt. Daß Knaben und Mädchen zwiſchen 8 und 16 Jahren ſo hohe Werthe der Myopie haben, kann möglicher Weiſe daher rühren, daß dieſe Individuen ihre gehörige Sehweite nicht mit aller nöthigen Richtigkeit anzugeben verſtehen. Sollte dieſes nicht der Fall geweſen ſein, ſo ließe ſich annehmen, daß ſie durchſchnittlich gebildeteren Ständen angehörten und die großen Zahlen der Kurzſichtigkeit den Ausdruck der reichlichen myopiſchen Beſchäftigungen in den Schulen darſtellten.

Die Rubrik der Amblyopie giebt wahrſcheinlich diejenigen Reſultate, welche am problematiſchſten ſind. Nach ihr würde dieſes Leiden bei erwachſenen und alten Frauen bei weitem mehr als bei Männern vorherrſchen.

Um endlich noch den Einfluß der verſchiedenen Beſchäftigungen auf die Abnahme der Kurz- und die Zunahme der Weitſichtigkeit oder der Amblyopie im höheren Alter kennen zu lernen, dient die nachfolgende Tabelle:

Alter in Jahren.	Gelehrte			Künſtler			Kaufleute		
	kurzſichtig.	weitſichtig.	amblyopiſch.	kurzſichtig.	weitſichtig.	amblyopiſch.	kurzſichtig.	weitſichtig.	amblyopiſch.
16—60	73,52%	22,62%	3,86%	22,88%	62,70%	12,42%	53,54%	38,59%	7,87%
60—90	29,21%	40,91%	29,88%	19,44%	38,89%	19,44%	3,85%	50,00%	46,15%

Alter in Jahren.	Jäger			Handwerker		
	kurzſichtig.	weitſichtig.	amblyopiſch.	kurzſichtig.	weitſichtig.	amblyopiſch.
16—60	11,11 %	74,24 %	14,65 %	9,78 %	57,98 %	32,24 %
60—90	8,94 %	33,93 %	57,13 %	8,00 %	42,00 %	62,67 %

Wir ſehen hieraus, daß die Kurzſichtigkeit aller angeführten Stände in höherem Alter geringer wird. Die Weitſichtigkeit vermehrt ſich nur direct bei Gelehrten und Kaufleuten, nimmt dagegen bei Künſtlern, Jägern und Handwerkern, d. h. ſolchen, die in früheren Jahren vorherrſchend presbyopiſch waren, ab. Die Schwachſichtigkeit endlich vergrößert ſich allgemein in ſpäteren Jahren in ſehr bedeutendem Maaße.

1067 Gleichwie die Myopie eine Folge der Gewohnheit ſein kann, ſo läßt ſie ſich auch durch Entwöhnung verringern oder aufheben. Uebt ſich der Kranke conſequent, gedruckte Schrift in größerer nach und nach zunehmender Entfernung zu leſen, ſo wird ſich ſeine Sehweite allmälig vergrößern. Iſt jedoch der Uebergang zu plötzlich, ſo daß das Auge unverhältnißmäßig angeſtrengt wird, ſo wirkt die zuletzt eintretende Schwächung der Retina in bedeutendem Grade ſchädlich. Auf dieſem Principe der langſam ſich ſteigernden Entfernung des Gedruckten vom Auge beruht ein eigenes für Kurzſichtige gebautes Leſepult, welches Berthold[1]) unter dem Namen des Myopodiorthoticon angegeben hat. Das Geſicht ruht auf einem feſtgeſtellten Naſenſtege, der nach Maßgabe der Umſtände allmälig höher geſchraubt zu werden vermag.

1068 Die Fehler der Myopie oder Presbyopie laſſen ſich natürlich am

[1]) A. A. Berthold das Myopodiorthoticon oder der Apparat, die Kurzſichtigkeit zu heilen. Göttingen, 1840. 8.

einfachſten dadurch verbeſſern, daß wir vor dem Auge compenſirende Brechungsmedien, d. h. **Brillen**, anbringen. Da der Bulbus des Kurzſichtigen die Lichtſtrahlen zu ſtark bricht, ſo daß ihre Vereinigungsweite vor die Netzhaut fällt, ſo werden hier Zerſtreuungslinſen, d. h. concav-concave Gläſer als Ergänzung für das Sehen in die Ferne dienen können. Umgekehrt muß der Presbyopiſche Sammellinſen, d. h. convex-convexe Gläſer für die Wahrnehmung naher Gegenſtände gebrauchen. Plan-concave oder plan-convexe Brillen werden deshalb unbrauchbar, weil hier bei jeder ſeitlichen Wendung des Auges und mit zunehmender Dicke des Glaſes eine Irregularität der Brechung und Undeutlichkeit der Bilder nothwendig entſteht. Einen ähnlichen Nachtheil verurſachen auch ſchon biconvexe oder biconcave Gläſer, vorzüglich wenn ſie eine gewiſſe Dicke haben, bei allen Drehungen des Bulbus. Aus dieſem Grunde verfertigt man auch in neuerer Zeit immer mehr ſogenannte periſkopiſche Brillen, d. h. convex-concave Linſen oder Menisci, deren concave Seite aber gegen das Auge gekehrt ſein muß. Um jedoch ihrer ſtarken Spiegelung, die ſonſt vorzüglich durch die in Form eines Hohlſpiegels wirkende convexe Außenfläche ſtört, aufzuheben, giebt man ihr einen größeren Halbmeſſer als der Innenfläche. Bei den convex-convexen oder den concav-concaven Gläſern dagegen ſind gewöhnlich die beiden Krümmungshalbmeſſer einander gleich. Es gilt für alle Brillengläſer als allgemeine Regel, daß ſie ſo beſchaffen ſein müſſen, daß ihre Brennweite dem Produkte aus der geſunden natürlichen und der kranken Sehweite dividirt durch den Unterſchied der letzteren und der erſteren entſpricht.

Die letztere Norm ergiebt ſich aus der für die Brennweite der Linſen gültigen Formel (§. 1033). Denn nehmen wir an, die Sehweite des myopiſchen oder presbyopiſchen Auges ſei = v, die des geſunden = p, und es ſoll die Größe v, wenn die Brennweite der Brille = f, nach p rücken, ſo muß

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{v} \text{ ſein.}$$

Hieraus folgt:

$$f = \frac{p \cdot v}{v - p}.$$

Bei dem Kurzſichtigen fällt die Sehweite zwiſchen der natürlichen und dem Auge. $v - p$ iſt daher negativ und f, das auch negativ wird, muß aus dieſem Grunde einer Zerſtreuungslinſe angehören. Umgekehrt bleibt $v - p$ bei dem Weitſichtigen poſitiv, ſo daß daher der Brennpunkt des geforderten Glaſes einer Sammellinſe entſpricht.

Nun war aber, wenn r und s die beiden Krümmungshalbmeſſer der Linſe und n den Brechungsexponenten bezeichnet,

$$f = \frac{r\,s}{(n-1)(r+s)}$$

oder wenn $r = s$ wird

$$f = \frac{r}{2}(n-1) = \frac{p \cdot v}{v - p}.$$

Hieraus folgt:

$$r = 2\,f\,(n-1) = \frac{2\,p\,v\,(n-1)}{v-p}.$$

Wenn z. B. die normale mittlere Sehweite zu 8 Zoll angenommen wird, ſo hat ein Kurzſichtiger, deſſen Sehweite nur 4 Zoll beträgt, ein concav-concaves Glas von einem Hauptfocus von 8 Zoll nöthig. Sind beide Flächen des letzteren nach den gleichen Radien geſchliffen, ſo beträgt dann jeder von ihnen, wenn n = 1,53 iſt, 24,48 Zoll. Ein Weitſichtiger, der in einer Diſtanz von 12 Zoll kleine Schrift lieſt, braucht eine

biconvexe Linſe von den gleichen Werthen. Sind dagegen die Halbmeſſer ungleich, ſo muß natürlich der eine gegeben ſein, wenn man den anderen durch Rechnung finden ſoll.

Die Optiker beſtimmen bekanntlich die Schärfe ihrer verkäuflichen Gläſer nach Nummern. Obgleich die Brennweiten dieſer einzelnen Linſen nach den verſchiedenen Ländern wechſeln, ſo gilt doch wenigſtens an vielen Orten als allgemeinere Regel, daß der Hauptfocus der ſchwächſten Brillen 100 Zoll und der der ſtärkſten 2 Zoll beträgt. Zuerſt nehmen die Nummern von 10 zu 10 Zoll, dann zu 5, 4, 3 und endlich bei den kleinſten Größen zu ½—¼ Zoll ab, weil in dem letzteren Falle die Unterſchiede der Hauptbrennweiten immer bedeutender ausfallen [1]).

1069 Soll die Benutzung der Brillen mit keinen Nachtheilen verbunden ſein, ſo iſt das erſte Erforderniß, daß ſie aus hellem durchſichtigen Materiale, gutem Glaſe oder ſelbſt reinem Bergkryſtalle beſtehen. Von leichten Kritzen, welche durch den Gebrauch erzeugt werden, abſtrahirt das Auge, ſobald ſie nicht zu bedeutend werden. Dagegen bedingt jede durch Unreinigkeiten erzeugte Unklarheit des Glaſes eine Umflorung des Bildes, die um ſo ſchädlicher wird, je auffallender ſie nur das eine Auge trifft. Sind beide Bulbi ungleich kurz- oder fernſichtig, ſo kann man ſich, wenn das Uebel einen bedeutenden Grad erreicht, verſchiedenartiger Gläſer bedienen. Jedoch müſſen ſie ſehr genau ausgewählt ſein, damit der gleiche Effect herauskomme. Iſt dieſes nicht der Fall, ſo wird das eine Auge bevorzugt und dem anderen nur um ſo intenſiver geſchadet.

1070 Periſkopiſche Gläſer können ſehr gut bei Brillen, deren Geſtell ſo eingerichtet iſt, daß immer dieſelbe Seite der Gläſer gegen die Augen gekehrt wird, angewendet werden, weil ſie nicht bloß die Bewegungen des Auges unſchädlich machen, ſondern auch der ſphäriſchen Aberration entgegenarbeiten. Bei Lorgnetten, die bald mit der einen, bald mit der anderen Oberfläche gegen das Auge gerichtet werden, müſſen auch beide Seiten gleich geſchliffen ſein. Alle großen Faſſungen von Horn, Silber u. dgl. ſchaden dadurch, daß ſie das Auge unnöthig beſchatten und vorzüglich das Sehfeld beſchränken. Immer aber iſt als Regel feſtzuſtellen, daß die Gläſer groß genug ſind, um die freie Oberfläche des Bulbus in mehr als hinreichendem Maaße zu bedecken, damit nicht der Augapfel bei irgend bedeutenden Drehungen über die Brille hinweg und ohne Unterſtützungsmittel ſehe.

1071 Kurzſichtige laufen vorzugsweiſe Gefahr, ſich immer mehr ihre Infirmität durch die unpaſſende Wahl oder den unzweckmäßigen Gebrauch von Brillen zu verſchlimmern. Indem ſie nämlich ferne Gegenſtände undeutlich ſehen, bildet für ſie die Benutzung convex-convexer oder periſkopiſcher Zerſtreuungsgläſer überhaupt eine große Lockung. Sie ſuchen daher ſolche Brillen aus, bei welchen ſie ferne Objecte möglichſt beſtimmt wahrnehmen. Dieſe Nummern ſind ihnen aber oft etwas zu ſcharf. Die Gegenſtände erſcheinen durch ſie etwas kleiner als ſie ſich darſtellen ſollten. Hierdurch gewöhnen oder zwingen ſie ihr Auge zu einer bedeutenderen ha-

[1]) Ein Verzeichniß der Radien zu den Brennweiten von 2,9 bis 606,3 Wiener Zoll ſiehe in J. J. Prechtl technologische Encyclopädie oder alphabetisches Handbuch der Technologie, technologischen Chemie und des Maschinenwesens. Bd. III. Stuttgart, 1831. S. 174.

bituellen Myopie und gehen allmälig zu immer ſchärferen Brillen über, je öfter ſie den Fehler wiederholen. Eine noch häufigere Urſache deſſelben Uebelſtandes liegt in der ſehr verbreiteten Gewohnheit, ſelbſt nahe Gegenſtände durch die Brille zu betrachten, z. B. mit ihr zu ſchreiben, zu zeichnen u. dgl. Hier iſt der Zwang für das Auge noch größer, und junge Leute, die vielleicht im Anfange mehr aus Mode, dann aus wahrem dringenden Bedürfniß Augengläſer gebraucht haben, müſſen dieſe von Jahr zu Jahr immer ſchärfer nehmen, bis ſie endlich in der That zu bedeutenden Myopen geworden ſind. Hält ein Kurzſichtiger ſtreng darauf, daß ſeine Brille auch nicht ein Minimum zu ſcharf iſt und er ſie nur zur Betrachtung von Gegenſtänden, die jenſeits der Grenzen ſeiner Sehweite liegen, gebraucht, ſo wird ſich ſein Uebel nicht nur ohne äußere Veranlaſſung Jahre lang nicht verſchlimmern, ſondern er kann auch ſogar ſein Geſicht, wie ſchon §. 1062 angeführt worden, durch ſehr allmälige, aber conſequente Erziehung weſentlich verbeſſern.

Weitſichtige haben vorzüglich zu ſchwache Gläſer, welche ihr Sehen 1072
in die Nähe undeutlich machen, zu vermeiden. Bei Leuten, denen die Kryſtalllinſe in Folge der Staaroperation aus dem Auge oder wenigſtens aus der Pupille entfernt worden, müſſen convex-convexe Gläſer, ſogenannte Staarbrillen, die mangelnde ſtärkere Brechung erſetzen. Sie gehören natürlich zu den ſchärfſten Gläſern, deren ſich der Menſch überhaupt in dieſer Hinſicht bedient, und haben in der Regel nur eine Hauptbrennweite von 2 bis $2\frac{1}{2}$ Zoll.

Aus der obigen Formel $f = \frac{p \cdot v}{v - p}$ folgt $v = \frac{f\,p}{f - p}$. Nehmen wir nun an, daß die natürliche Sehweite = 8 Zoll und der Hauptfocus der Staarbrille = 2 bis 2,5 Zoll iſt, ſo muß die kranke Sehweite eines Staaroperirten — $2\frac{2}{3}$ bis — 3,63 Zoll betragen, ſo daß ohne ſtarke Sammelgläſer gar keine deutlichen Bilder zu Stande kommen würden. Allein auch hier ergänzt die Natur den Mangel durch Nebeneinrichtungen auf möglichſt paſſende Weiſe. Nachdem nämlich die Linſe ausgezogen worden, füllt ſich die Linſenkapſel mit neuer Ausſchwitzungsmaſſe oder ſelbſt ächter Linſenſubſtanz wiederum an (Bd. I. S. 701), ſo daß hierdurch wahrſcheinlich ſchon in der erſten Zeit eine Art von Compenſation eintritt und das unmittelbare Sehen großer und entfernter Gegenſtände möglich wird. Unter welchen Verhältniſſen dieſes bisweilen unmittelbar nach der Operation zu Stande kommt, bedarf noch näherer genauer Unterſuchungen.

Bei dem Gebrauche von Staarbrillen, den man immer erſt nach dem gänzlichen Verſchwinden aller Reizung des Auges geſtatten darf, drohen dieſelben Klippen, welche in Betreff der Kurzſichtigkeit angeführt worden. Ein zu ſcharfes Glas ſchadet hier leicht und führt bald zu der Nothwendigkeit der Anwendung noch ſchärferer Linſen.

Wenn die den Menſchen umgebenden Gegenſtände, wie z. B. Glet- 1073
ſcherflächen, Schneefelder, ſehr weiß angeſtrichene Häuſer, lebhafte Flammenbilder u. dgl. zu viel Licht zurückwerfen, ſo wird das Auge wegen der zu bedeutenden Menge von Lichtſtrahlen, welche in daſſelbe einfallen, geblendet. Das Sehen erfordert dann mehr Anſtrengung. Die Netzhaut ermüdet leicht und wird durch anhaltende Einflüſſe der Art nicht ſelten geſchwächt, obgleich die ungemeine Scharfſichtigkeit der Gemsjäger deutlich zeigt, daß dieſes nicht immer der Fall iſt. Schon gewöhnliche weiße Brillengläſer, wie ſie von Myopiſchen oder Presbyopiſchen gebraucht werden,

helfen hier ſehr viel, indem ein großer Theil der Lichtſtrahlen zurückgeworfen wird. Man gebraucht aber auch, um das Grelle aufzuheben, grüne oder beſſer blaue Gläſer, welche den Eindruck mildern und ſelbſt das Unterſcheiden der Farben bei einiger Uebung leicht möglich machen. Am zweckmäßigſten ſind in dieſer Beziehung die ſogenannten achromatiſchen Brillen, die beſonders bei dem ſtark gelbröthlich gefärbten Kerzen- oder Flammenlichte in Anwendung kommen. Bei ihnen iſt weißes und blaues Glas dergeſtalt vereinigt, daß eine vollkommene Gleichheit der Färbung und der Brechung daraus reſultirt.

1074 Alle Gegenſtände, welche dieſſeits oder jenſeits der Grenzen der mittleren Sehweite liegen und deren Vereinigungsweite vor oder hinter der Netzhaut fällt, müſſen auf dieſer um ſo größere Zerſteuungskreiſe hervorrufen, je bedeutender die Diſtanz ihres Focus von der Retina iſt. Da aber die Unterſchiede der Vereinigungsweiten für fernere und unendlich weite Gegenſtände geringer, für ſehr nahe dagegen um Vieles größer ausfallen, ſo werden die letzteren die auffallenderen und allgemeineren Phänomene der Art darbieten. Ein Menſch, welcher ſehr kurzſichtig iſt, ſieht zwar oft einen ſehr fernen Gegenſtand, z. B. die Spitze eines Kirchthurmes, einen leuchtenden Stern, die Mondſichel, eine Kerzenflamme u. dgl., bei genauer Fixation doppelt. Allein dieſe Erſcheinung tritt nur bei ſtärkeren Graden der Myopie und beſonderer Anſtrengung des Bulbus hervor. Das zweite ſeitlich und nach hinten verrückte Bild iſt häufig ſo undeutlich, daß es nur wie ein verwaſchener Schatten erſcheint oder das Auge gänzlich von ihm abſtrahirt. Phänomene der Art treten bei geringer Stärke von Myopie entweder gar nicht oder nur unter beſonders begünſtigenden Verhältniſſen ein. Dagegen erfolgen ſolche Täuſchungen bei Gegenſtänden, die ſich dieſſeits der Sehweite z. B. 1—3 Zoll vom Auge entfernt befinden, deutlicher und zeigen ſich natürlich bei allen Menſchen, ſie mögen kurz- oder weitſichtig ſein.

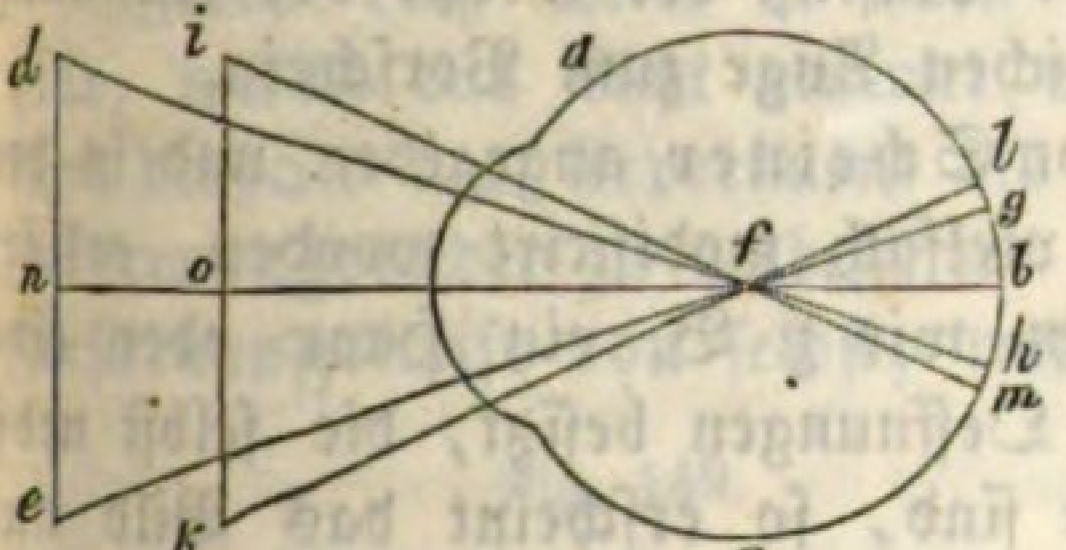
Halte ich z. B. einen Maaßſtab nahe an das Auge und bringe an ſeinen Innenrand eine ſenkrecht geſtellte Stecknadel ſo an, daß ſie ungefähr 4 Zoll von der linken Cornea abſteht, ſo erſcheint das Bild ſcharf und deutlich. So wie ſie dagegen bis zu $3\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{3}$ Zoll nahe rückt, zeigt ſich hinter der Stecknadel ſelbſt ein etwas verwaſchenes und zu einem großen Theil gedecktes zweites Bild derſelben. Je näher ſie meinem Auge rückt, um ſo mehr weichen beide Bilder aus einander; das vordere natürliche wird zugleich immer verwaſchener, bis endlich bei 1 — $1\frac{1}{2}$ Zoll Entfernung der Stiel gar nicht geſehen und der Knopf als eine bedeutend vergrößerte mattere Kugel oder Scheibe wahrgenommen wird. Dieſe erſcheint bei noch größerer Nähe immer blaſſer und blaſſer, erhält ſich aber noch in immer vergrößertem Maaßſtabe, wenn ſelbſt die Diſtanz nur $\frac{1}{7}$ Zoll beträgt. Die Erklärung der Erſcheinung ergiebt ſich aus den Verhältniſſen der Zerſtreuungskreiſe von ſelbſt. Auf die der Vergrößerung werden wir bald zurückkommen.

Befindet ſich die Stecknadel ſo nahe, daß man nur einen blaſſen Schimmer derſelben wahrnimmt, beträgt z. B. die Diſtanz nur $\frac{1}{10}$ Zoll,

ſo verſchwindet das Bild gänzlich, ſowie man das Auge beſchattet und auf dieſe Weiſe die Pupille zur Verkleinerung zwingt. Der Grund davon liegt darin, daß ſich dann auch nothwendig die Größe des Zerſtreuungskreiſes verringert, die directe Auffaſſung des Bildes aber, deſſen Vereinigungsſtelle weit hinter der Netzhaut liegt, von vorn herein unmöglich iſt.

Die Vergrößerung des Bildes beruht auf der nothwendigen 1075
Erweiterung des Geſichtswinkels (Henle[1]), Haſenclever[2]). Geſetzt, abc ſei der Durchſchnitt des Auges und de die Stecknadel, die 4 Zoll von dem Auge entfernt iſt, mithin noch einfach geſehen wird, ſo durchkreuzen ſich ihre Richtungslinien in f und geben auf der Netzhaut das Bild gh. Rückt dagegen dieſelbe Nadel bis nach ik dem Auge näher und durchkreuzen ſich ihre Richtungslinien im und kl wiederum in f, ſo haben wir den Zerſtreuungskreis lm. Dieſer muß aber größer ſein, wie das Bild gh, weil der Winkel ifk größer als dfe iſt. Denn ſteht die Nadel z. B. ſo, daß ſie durch die Augenachſe nob halbirt wird, ſo iſt dn = io, nf und of befinden ſich in einer geraden Linie, und da nf > of, ſo iſt ∠ ifo > dfn. Erſcheint aber das Bild, indem es nicht unmittelbar, ſondern durch ſeine Zerſtreuungskreiſe wahrgenommen wird, noch deutlich genug, um aufgefaßt zu werden, ſo muß es ſich zwar verwaſchener, aber vergrößert darſtellen.

Fig. 146.



Dieſelbe Erfahrung machen wir, wenn wir z. B. Druckſchrift dem Auge dergeſtalt nähern, daß ſie dieſſeits der Grenze unſerer mittleren Sehweite fällt. Die Buchſtaben werden zuerſt blaſſer, erhalten aber dafür eine größere Breite und Höhe und mehr Corpus. Sie werden dann mit abnehmender Entfernung immer undeutlicher, bis endlich Alles ſo verwaſchen wird, daß wir höchſtens die Richtung der Zeilen, nicht aber die einzelnen Lettern und Worte zu erkennen im Stande ſind. Schieben wir aber zwiſchen unſer Auge und dem Gedruckten ein Blatt Papier, welches eine Oeffnung beſitzt, die kleiner als unſer Sehloch iſt, ſo werden die Buchſtaben ſchärfer. Wir erkennen ſie noch bei einer Entfernung, in welcher wir ſie ohne dieſes Hilfsmittel nicht mehr deutlich unterſcheiden. Sie ſind ſogar, wie ſich aus §. 1046 von ſelbſt ergiebt, noch mehr als in letzterem Falle vergrößert. Der Grund der erhöhten Deutlichkeit liegt in den allgemeinen ſchon §. 1030 erwähnten Einflüſſen, welche die Diaphragmen ausüben. Da die Vereinigungspunkte von Strahlen, welche in verſchiedenen Entfernungen von der Achſe auf eine Linſe auffallen, dieſer um ſo näher rücken, je mehr ſie von der Achſe abſtehen, ſo muß auch

[1]) Henle in Müller's Physiologie. Bd. II. Abth. II. Coblenz, 1838. 8. S. 340.
[2]) R. Hasenclever die Raumvorstellung aus dem Gesichtssinne. Ein Beitrag zur Theorie des Sinnenlebens. Berlin, 1842. 8. S. 77.

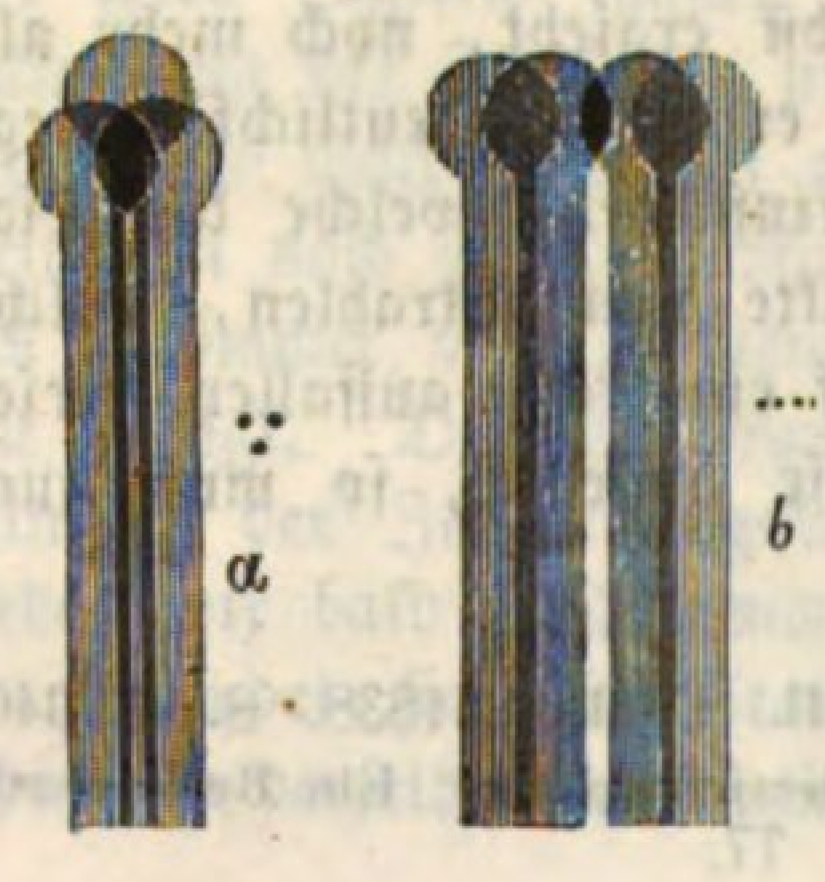
jeder leuchtende Punkt, ſobald die Pupille weiter iſt, um ſo verſchiedenartigere Zerſtreuungskreiſe in dem oben erwähnten Falle bedingen. Erreicht dagegen das Sehloch ſein Minimum oder wird die Oeffnung durch ein vorgeſchobenes durchlöchertes Papier noch mehr verkleinert, ſo können natürlich nur noch ſolche Strahlen durchgehen, welche in geringerer Diſtanz von der Linſe verlaufen und daher die Beſchaffenheit von Achſenſtrahlen in bedeutendem Maaße annehmen. Es muß deshalb die Verkleinerung der Pupille ſowohl die regelrechten Bilder, als die Zerſtreuungskreiſe verdeutlichen, ſobald nur das Object mit hinreichender Intenſität beleuchtet iſt. Aus dieſem Grunde kommt auch derſelbe Einfluß der Größe der Oeffnung bei dem in §. 1041 beſchriebenen künſtlichen Auge zum Vorſchein.

1076 Ein anderer Verſuch, der zuerſt von Scheiner angegeben und in der Folge von Phyſikern und Phyſiologen vielfach modificirt worden, erklärt ſich nach denſelben Grundſätzen. Sehen wir z. B. ein Haar oder eine Stecknadel durch ein Papier, das zwei Oeffnungen beſitzt, die ſelbſt nebſt ihrem Abſtande kleiner als die Pupille ſind, ſo erſcheint das Bild nur innerhalb der Grenzen der Sehweite einfach, jenſeits und dieſſeits derſelben dagegen doppelt. Betragen z. B. die beiden Oeffnungen mit ihrer gegenſeitigen Diſtanz 1,5 Millimeter im Durchmeſſer, ſo ſehe ich mit meinem linken kurzſichtigen Auge eine Stecknadel einfach, ſobald ſie nicht ganz 4 Zoll oder mehr als 8 bis 9 Zoll von meinem Auge entfernt iſt. Sie wird aber außerhalb dieſer beiderſeitigen Schranken doppelt. Betragen dagegen die beiden Löcher des Papiers mit ihrer gegenſeitigen Entfernung nur 1 Millimeter, ſo ſehe ich bei zu großer Nähe ſcheinbar drei Bilder, indem die vergrößerten Doppelbilder a und b, welche matt ſind, einander theilweiſe decken und an dieſer Stelle ein ſehr ſchattiges Bild, wie es c (Fig. 147) zeigt, erzeugt wird. Entſteht aber das Doppelbild durch einen zu großen Abſtand der Nadel von der Hornhaut, ſo fehlt die Erſcheinung ſelbſt bei dieſer Kleinheit der Oeffnung. Durch eine geringere Ausdehnung der Löcher wird das Phänomen deutlicher und die Grenze ſeines Auftretens zum Theil größer.

Fig. 147.

Hat das Papier drei Durchbohrungen, von denen zwei neben einander und das dritte unter ihnen ſteht, ohne daß ſie zuſammen die Größe der Pupille überſchreiten, ſo erhalten wir drei Bilder, ſo wie es Fig. 148 a darſtellt. Sind die drei Löcher horizontal, ſo ſehe ich nicht bloß 3, ſondern 4 wagerecht neben einander ſtehende Nadeln, ſo wie es Fig. 148 b zeigt, wenn die Größen und Abſtände der Oeffnungen zuſammen 1,5 Millimeter betragen. Bei 4 Löchern, die zu je zwei über einander ſtehen, kommen zwei obere Bilder mit der mittleren dunklen Kernfigur und zwei untere zu Stande u. ſ. w.

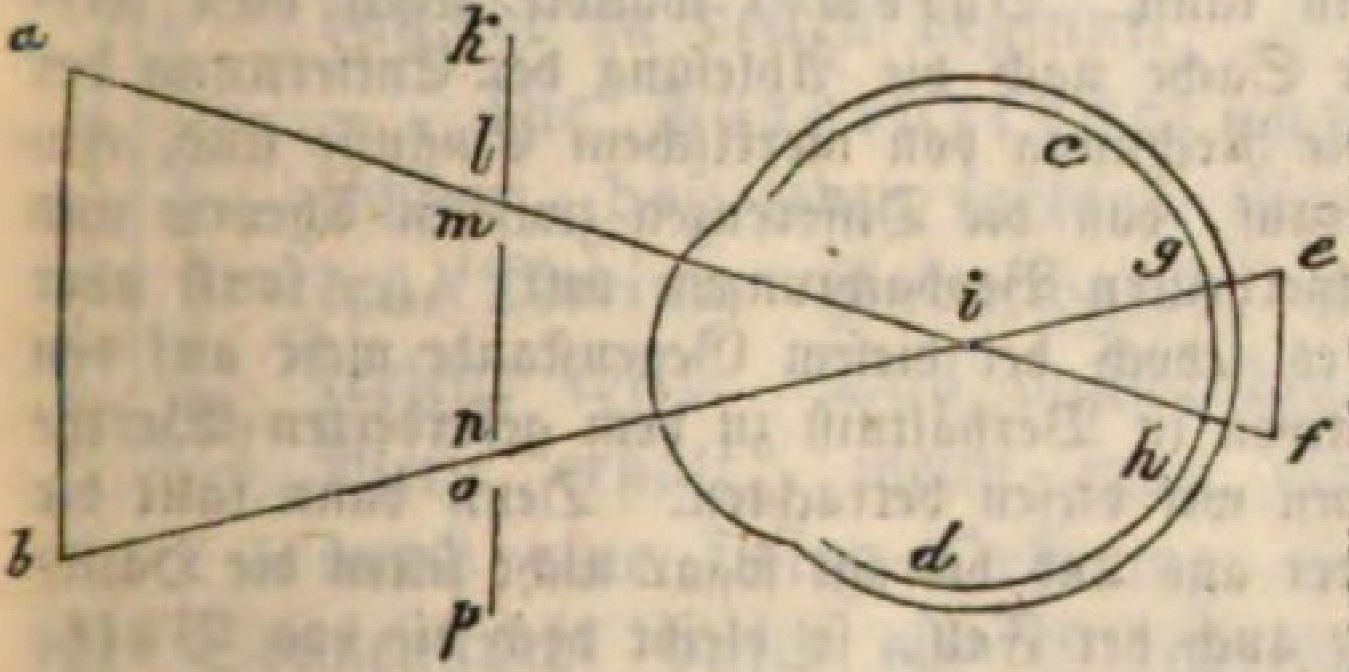
Fig. 148.



Schon der Umſtand, daß die Vervielfältigung der Bilder innerhalb der Grenze der mittleren Sehweite ausbleibt, zeigt, wie J. de la Motte [1]) zuerſt richtig bemerkte, deutlich, daß die Erſcheinung auf der Wahrnehmung durch Zerſtreuungskreiſe beruht. Dieſes beſtätigen auch die Gegenverſuche. Hat ein Kurzſichtiger ſeine Zerſtreuungsbrille vor dem Auge, ſo rückt die Grenze, bei welcher die Nadel noch einfach erſcheint, weiter hinaus, und umgekehrt verhält ſich die Sache bei einem Weitſichtigen, wenn er ſein Auge durch ein Sammelglas zum Naheſehen ſtärkt.

Jedes Loch wirkt in allen dieſen Fällen gleich einer kleinen Pu- 1077
pille, welche das Licht centrirt und daher ihr Bild verdeutlicht. Man kann deshalb das Experiment als ein Mittel anſehen, die Auffaſſung der Zerſtreuungsbilder zu verbeſſern. Es ergiebt ſich aber aus der Natur der Zerſtreuungskreiſe von ſelbſt, welches Bild jedem Loche des Papiers entſpricht. Denn denken wir uns, ab ſei der Gegenſtand und cd der Netzhautabſchnitt, ſo würde das Bild, wenn das Object zu nahe liegt, erſt in ef vollkommen entſprechend, auf der Netzhaut cd dagegen in dem Zerſtreuungskreiſe g und h erſcheinen. Werden nun durch die Oeffnungen lm und no des Papiers kp die bei g und h auffallenden Strahlen centrirt und iſolirt, ſo muß das obere Bild g verſchwinden, wenn man das untere oder entgegengeſetzte Loch no verdeckt, und umgekehrt. Befindet ſich dagegen das Object jenſeit der Sehweite, ſo findet die Vereinigungsweite der von ab ausgehenden Lichtſtrahlen vor der Netzhaut Statt. Die auf der Retina entſtehenden Zerſtreuungskreiſe erzeugen ſich dadurch, daß die Strahlen hinter dem Focus von Neuem auseinander weichen. Es findet alſo eine doppelte Kreuzung, eine in i und eine in der vor der Netzhaut liegenden Vereinigungsweite Statt. Das Zerſtreuungsbild g muß deshalb nicht der Oeffnung no, ſondern der gegenüberliegenden lm entſprechen. Daher auch der durch die Erfahrung beſtätigte Satz, daß das eine der beiden Bilder bei zu großer Nähe des Gegenſtandes dann verſchwindet, wenn man die entgegengeſetzte, bei zu großer Ferne dagegen, wenn man die entſprechende Oeffnung des Papiers verdeckt [2]). Aus ähnlichen Urſachen ſcheint die Nadel, wenn ſie dieſſeit der Sehweite liegt, nach oben zu gehen, wenn man das Papier nach unten, nach rechts zu treten, wenn man es nach links verſchiebt, und umgekehrt [3]).

Fig. 149.

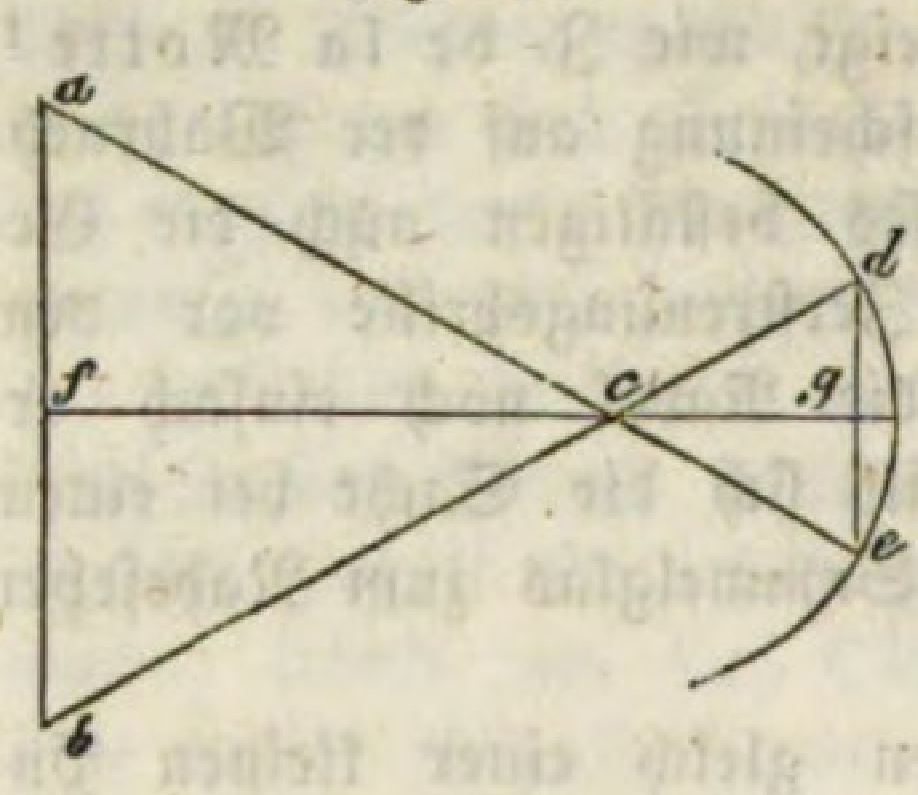


[1]) E. Wilde Geschichte der Optik vom Ursprunge dieser Wissenschaft bis auf die gegenwärtige Zeit. Thl. I. Berlin, 1838. 8 S. 215.

[2]) Volkmann Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1836. 8. S. 67.

[3]) Hasenclever a. a. O. S. 80.

Fig. 150.

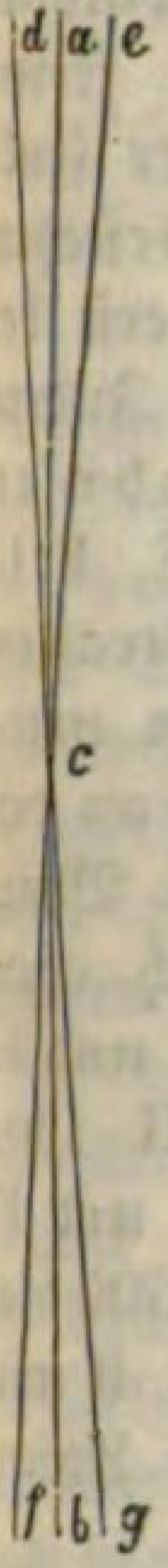


Liegt der Gegenſtand dieſſeit der Sehweite und bildet annahmsweiſe der Kreuzungspunkt c der Richtungslinien ae und bd eine fixe Stelle, welche mit dem Drehpunkte des Auges zuſammenfällt (§. 1047), ſo ſtellt der Durchmeſſer des gerade gedachten Zerſtreuungskreiſes de eine Function der Größe des Gegenſtandes und der Entfernung deſſelben von dem Kreuzungspunkte der Richtungslinien dar. Denn iſt fg die verlängerte Augenachſe, welche ab und de ſenkrecht durchſchneidet, ſo haben wir, da $\angle acb = \angle dce$ und bei f und g rechte Winkel ſind, $ac : ab = cd : de$ und $de = \frac{ab \times cd}{ac}$. Nach dieſem Principe wurden von Volkmann eine Reihe von Beſtimmungen, deren Details in ſeiner Schrift: Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1836. 8. S. 136 fgg. und in Poggendorff's Annalen. Bd. XLV. Leipzig, 1838. 8 S. 203 fgg. verzeichnet ſind, gemacht. W. Weber verſuchte bei dieſer Gelegenheit eine von der Beobachtung unabhängige theoretiſche Formel zu geben. Rechnung und Beobachtung zeigen jedoch hierbei meiſt bedeutende Abweichungen, wie dieſes bei den approximativen zum Grunde gelegten Vorausſetzungen nicht anders ſein kann. Burow[1]) wandte gegen dieſe Methode überhaupt ein, daß der Natur der Sache nach die Ableſung der Entfernung der Doppelbilder ſehr leicht Fehler, die auf die Rechnung von merklichem Einfluſſe ſind, einſchließe. Volkmann[2]) entgegnete hierauf, daß die Differenzen zwiſchen Theorie und Erfahrung in den erſten 15 von ihm mitgetheilten Beobachtungen nur $^1/_{500}$, ſonſt aber nicht einmal $^1/_{1000}$ Zoll ausmacht. Da es jedoch bei dieſem Gegenſtande nicht auf den abſoluten Unterſchied, ſondern den relativen in Verhältniß zu dem geforderten Werthe ankommt, ſo ändert ſich die Sache, wenn wir dieſen betrachten. Denn dann fällt die Differenz in den meiſten Fällen bedeutender aus und beträgt ſogar nicht ſelten die Hälfte der geforderten Größe. Iſt dieſes aber auch der Fall, ſo bleibt doch die von Volkmann gebrauchte Methode ein ungefähres Mittel, um die Größe dieſer Zerſtreuungskreiſe ſchätzungsweiſe zu beſtimmen. Auf die zum Theil hierher gehörenden Erfahrungen von Burow werden wir in der Folge bei Gelegenheit der Geſichtslinien oder Sehlinien zurückkommen.

1078 Der Scheiner'ſche Verſuch wurde noch als Grundlage benutzt, um ſogenannte Optometer, d. h. Apparate, mittelſt welcher man die mittlere Sehweite eines Menſchen beſtimmen kann, zu verfertigen (Porterfield[3]), Young[4]), Holke, Lehot). Am einfachſten geſtaltet ſich die Vorrichtung, wenn man einen über einem ſchwarzen Lineal ausgeſpannten weißen Faden durch eine oder zwei kleine Oeffnungen, welche von der Pupille an Größe übertroffen werden, ſo hinviſiren läßt, daß das eine Ende des Inſtrumentes dem anderen Ende der Augenachſe möglichſt nahe liegt. Der Faden ab wird natürlich innerhalb der Grenzen der Sehweite des Auges am dünnſten erſcheinen, dieſſeit und jenſeit derſelben dagegen dicker werden oder zu den coniſchen oder doppelten Bildern dce und fcg aus einander weichen. Durch abwechſelnde Fixation näherer und entfernterer Theile laſſen ſich auf dieſe Art die beiderſeitigen Grenzen der Sehweite finden. Der in dieſer Hinſicht genaueſte Apparat, der auf den Principien

[1]) A. Burow Beiträge zur Physiologie des menschlichen Auges. S. 87. 88.
[2]) Müller's Archiv. 1843. S. 8.
[3]) Prieſtley's Geſchichte der Optik. Bd. II. S. 459.
[4]) Philosophical Transactions. 1801. Part. I. p. 35.

Fig. 151.



des Scheiner'ſchen Verſuches ruht, iſt von Stampfer angegeben worden [1]). Man ſieht aber leicht, daß ſolche Vorrichtungen ſelbſt im günſtigſten Falle nur ungefähre Reſultate geben können.

Die Beugung des Lichtes am Rande der Pupille 1079
ſpielt ebenfalls bei manchen Erſcheinungen des Sehens eine weſentliche Rolle. Wir erblicken z. B. durch eine Stecknadel, welche ſo nahe vor der Hornhaut ſteht, daß nur der Schimmer derſelben wahrgenommen wird, die Kreuze eines entfernten, gerade gegenüber liegenden Fenſters ziemlich deutlich, indem noch ein Theil der Lichtſtrahlen durch Inflexion am Pupillarrande in's Auge dringt. Sie werden aber mehr oder minder gedeckt, ſo wie wir zwiſchen der Stecknadel und der Hornhaut ein mit einer ſehr kleinen Oeffnung verſehenes Papier vorſchieben. Betrachten wir die Kante eines fernen Hauſes und führen nahe bei dem Auge ein Kartenblatt vorbei, ſo ſcheint ſich das erſtere aus ähnlichen Gründen etwas zu verſchieben und zu verbreitern, ſo wie der Innenrand des letzteren daſſelbe zu decken beginnt.

Die Farbenzerſtreuung beruht auf der Eigenthüm- 1080
lichkeit, daß jeder farbloſe Lichtſtrahl, welcher durch ein brechendes Medium hindurchgeht, in verſchiedenfarbige Beſtandtheile zerlegt wird. Das vollſtändige Spectrum, das man auf dieſe Weiſe erhält, wenn man einen mittelſt eines Metallſpiegels durch eine kleine Oeffnung eines dunkelen Zimmers eingeleiteten Sonnenſtrahl durch ein Glasprisma gehen und in gehöriger Entfernung auf eine Wand auffallen läßt (ſo daß das Farbenbild mehr als doppelt ſo lang, als das einfache Sonnenbild iſt), zeigt Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett. Setzt man die Länge des ganzen Spectrums = 1, ſo beträgt das Roth nach Newton 0,12; das Orange 0,07: das Gelb 0,13; das Grün 0,17; das Hellblau 0,17; das Dunkelblau 0,11 und das Violett 0,23. Jedoch ſind dieſe Werthe nur ungefähre, weil die einzelnen Farbennuancen allmälig, obgleich, wie die bald zu erwähnenden Frauenhofer'ſchen Linien zeigen, nicht ganz ſtetig in einander übergehen.

Die Urſache des Spectrums liegt darin, daß die verſchiedenen Strahlen, 1081
wenn ſie ein beſtimmtes Refractionsmedium durchdringen, auf differente Weiſe abgelenkt werden. Die rothen haben in dieſer Beziehung die geringſte, die violetten die größte Brechbarkeit. Wird das Spectrum mittelſt einer Sammellinſe oder eines Sammelſpiegels ſo fortgeleitet, daß ſich die Differenz der verſchiedenen Brechbarkeit der Strahlen ausgleicht, ſo erhält man wiederum farbloſes, einfaches, homogenes Licht.

Da die verſchiedenen Hauptfarben des Spectrums in einander übergehen, 1082
ſo wäre man hierdurch gehindert, die Grenzen jeder einzelnen aufzufinden und deren Brechungsexponenten zu ſuchen, wenn nicht die von Frauen-

[1]) Siehe die Beſchreibung und Abbildung deſſelben in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. VIII. Leipzig, 1836 8. S. 751. Tab. XV. Fig. 319.

hofer entdeckten Linien des Farbenſpectrums einen Anhaltspunkt gewährten. Wenn nämlich ein Sonnenſtrahl durch die feine Spalte eines dunkelen Zimmers und ein Prisma, deſſen Kanten mit der Spalte parallel ſtehen, tritt, ſo bemerkt man an dem Spectrum ſchon mit dem freien Auge, beſſer aber noch mit dem Fernrohre eine große Zahl dunkeler ſenkrechter Linien, die bald dünner, bald dicker ſind. Die letzteren beſtehen häufig aus vielen dicht bei einander befindlichen Strichen, welche erſt bei ſtärkerer Vergrößerung auf iſolirte Weiſe wahrgenommen werden. Indem nun dieſe Linien ſicherere Anhaltsſtellen darbieten, wählte Frauenhofer ſieben durch ſie beſtimmte Zwiſchenräume, welche er mit B, C, D, E, F, G und H bezeichnete und deren dunkele Linien, d. h. deren fehlende Strahlen ihrem Brechungsverhältniß nach beſtimmt wurden. B liegt dann im unteren Theile des Roth, C in ihm weiter oben, D im Orange, E an der Grenze zwiſchen Gelb und Grün, F nahe an der von Grün und Blau, G im Dunkelblau und H im Violett. Von B bis C exiſtiren noch neun feine ſcharfe Linien, zwiſchen C und D ungefähr 30, zwiſchen D und E 84, von E bis F mehr als 76, von F bis G 185 und G bis H 190. Außer dieſen 574 Streifen, von denen die drei ſtärkſten zwiſchen E und F fallen, liegen noch jenſeit dieſer Grenzen ſo viele, daß im Ganzen 600 bis 700 exiſtiren. Bezeichnet man nun den Brechungsexponenten von B mit n_1, den von C mit n_2 u. ſ. f., ſo ergaben ſich z. B. für die ſieben Linien B, C, D, E, F, G folgende Werthe:

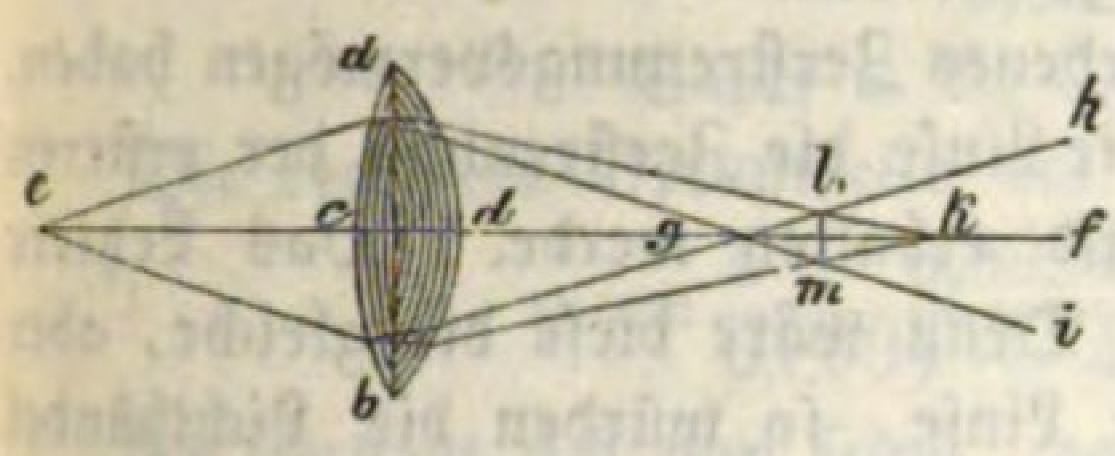
Subſtanz.	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7
Waſſer.	1,330935	1,331712	1,333577	1,335851	1,337818	1,341293	1,344177
Desgleichen.	1,330977	1,331709	1,333577	1,335849	1,337788	1,341261	1,344162
Kalilöſung.	1,399629	1,400515	1,402805	1,405632	1,408082	1,412579	1,416368
Flintglas Nr. 13.	1,627749	1,629681	1,635036	1,642024	1,648260	1,660285	1,671062
Crownglas Nr. 409.	1,525832	1,526849	1,529587	1,533005	1,536052	1,541657	1,546566

Wir ſehen hieraus, daß der Unterſchied der Brechbarkeit von n_1 und n_7 in den verſchiedenen Subſtanzen ungleich ausfällt. Man nennt daher dieſe Differenz das Zerſtreuungsvermögen eines brechenden Mittels. Es iſt, wie man aus den obigen Zahlen erſieht, bei dem

Waſſer	0,013242
Desgl.	0,013185
Durchſchnitt von beiden . .	0,0132135
Kalilöſung	0,016739
Flintglas Nro. 13	0,043313
Crownglas Nro. 409 . . .	0,020734

1083 Die differente Brechbarkeit der einzelnen farbigen Strahlen muß auf die Verhältniſſe des Sehens durch gewöhnliche einfache Linſen mit gleichen ſphäriſchen Krümmungen einen weſentlichen Einfluß ausüben. Denn ge-

Fig. 152.



ſetzt, acbd ſei eine ſolche und ef ihre Achſenverlängerung, ſo werden ſich die violetten Strahlen als diejenigen, welche am ſtärkſten gebrochen werden, ſchon in g vereinigen und dann in gh und gi auseinanderfahren. Die rothen dagegen, welche das geringſte Brechungsvermögen beſitzen, ſammeln ſich erſt in k und durchſchneiden daher die Verlängerung der violetten in l und m. Es bildet ſich dann, da das gleiche in allen Dimenſionen wiederkehrt, ein Kegel, deſſen Spitze in k liegt und deſſen runde Baſis lm zum Durchmeſſer hat. Alle zwiſchen den violetten und den rothen befindlichen Strahlen aber müſſen ſich zwiſchen k und g ſammeln. Der durch lm als Durchmeſſer beſtimmte Cirkel heißt der *Zerſtreuungskreis einer Linſe*, die Größe gk dagegen die *chromatiſche Längenabweichung*. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß dieſe Differenz der Vereinigungsweiten der verſchiedenfarbigen Strahlen, welche man mit dem Namen der chromatiſchen Abweichung bezeichnet und deren Länge unter ſonſt gleichen Verhältniſſen mit Entfernung des Brennpunktes vom Objectiv zunimmt, eine Undeutlichkeit des Bildes zur Folge haben muß. Denn wenn ſich auch die verſchiedenen Farben in der Mitte decken, ſo daß wiederum einfaches Licht entſteht, ſo findet dieſes doch nicht an den Rändern, welche durch ungleiche Deckung oder gänzlichen Mangel derſelben verſchiedene Regenbogenfarben bedingen, Statt. Es entſteht daher für den Optiker das Problem, dieſen Uebelſtand zu vermeiden, d. h. eine oder mehrere Linſen zu verfertigen, bei welchen dieſe Farbenzerſtreuung aufgehoben wird und ſich alle Strahlen ohne Unterſchied ihrer verſchiedenen Brechbarkeit in einem Punkte ſammeln. Man nennt dann ſolche Gläſer *achromatiſche* oder auch wohl, wenn ſie zugleich von der ſphäriſchen Aberration befreit ſind, *aplanatiſche*. Obgleich ſich das Problem der Achromaſie der ausgezeichnetſten Hilfe der Mathematik ſowohl, als der Erfahrungsunterſuchung zu erfreuen hatte, ſo iſt es doch bei ſeiner Schwierigkeit bis jetzt nur annähernd gelöſt worden.

Zur Conſtruction zweier zuſammengehörenden achromatiſchen Linſen 1084
ſind folgende Bedingungen erforderlich:

1) Bei dem Durchgange von Lichtſtrahlen, die außerhalb der Brennweite oder aus unendlicher Ferne kommen, durch eine Sammellinſe, z. B. durch ein biconvexes Glas, werden die einzelnen farbigen Strahlen ſo centrirt, daß die Vereinigungsweite derjenigen, welche die größte Brechbarkeit haben, nämlich der violetten der Linſe näher, die der am ſchwächſten brechbaren dagegen, der rothen von ihr am entfernteſten liegt. Fallen dagegen die Strahlen auf eine biconcave Linſe convergirend auf, ſo findet das Umgekehrte Statt. Eine erſte Bedingung des Achromatismus würde alſo möglicher Weiſe die ſein, daß man hinter eine biconvexe Linſe eine biconcave ſtellt. Die Strahlen fallen dann natürlich auf die letztere convergirend, und es kann auf ſolche Art der Endzweck, daß die verſchie-

denfarbigen Strahlen in einem Büſchel, d. h. farblos wieder erhalten werden, unter gewiſſen Verhältniſſen erreicht werden.

2) Müſſen beide Linſen ein verſchiedenes Zerſtreuungsvermögen haben. Denn die Aufgabe iſt die, daß die zweite Linſe die Zerſtreuung der erſteren aufhebe und dennoch ein gutes Endbild erhalten werde. Das Letztere erfordert jedoch eine andere Brechung. Denn wäre dieſe die gleiche, aber entgegengeſetzt, wie die der biconvexen Linſe, ſo würden die Lichtbündel zwar farblos, aber parallel austreten. Hat dagegen die zweite biconcave Linſe ein größeres Farbenzerſtreuungsvermögen und zugleich eine bedeutendere Brechkraft, ſo kann ein achromatiſches Bild entſtehen, weil ſie ſchon bei einer geringeren Brechung die Centrirung in einen Focus zu bedingen und die Farbenzerſtreuung der erſteren Linſe aufzuheben vermag.

3) Läßt ſich durch Berechnung zeigen, daß ſich dann die Brennweiten beider Linſen, deren Dicke außer Acht gelaſſen wird, wenn das erwünſchte Ziel zu Stande kommen ſoll, wie die Differenzen ihrer mittleren Refractionsgrößen von der der äußerſten Strahlen oder des Zerſtreuungsvermögens dividirt durch die um 1 verminderten Werthe der Brechungsexponenten verhalten müſſen.

1085 Zur Verfertigung achromatiſcher optiſcher Inſtrumente, z. B. von Fernröhren, Mikroſkopen u. dgl., dienen Linſen von zweien verſchiedenen Glasarten, welche ein differentes Brechungs- und Zerſtreuungsvermögen beſitzen. Man erzielt dieſes durch ſogenanntes Crown- und Flintglas. Das letztere erhält ſeine ſtärker brechende Eigenſchaft durch einen bedeutenderen Zuſatz von Blei. Es ergiebt ſich z. B. [1])

Flintglas, beſtehend aus Theilen		Brechungsexponent.	Flintglas, beſtehend aus Theilen		Brechungsexponent.
Blei.	Kieſel.		Blei.	Kieſel.	
1	4	1,664	1	1	1,787
1	2	1,724	2	1	1,830
1	1,333...	1,732	3	1	2,028

Nach dem oben Dargeſtellten wird daher die ſphäriſche Convexlinſe aus Crownglas, die Concavlinſe dagegen aus Flintglas verfertigt werden müſſen. Geſetzt, wir hätten z. B. in einer achromatiſchen Combination eine Crownglaslinſe von 4 Zoll Brennweite. Nach den in §. 1082 angeführten Daten betrüge ihr mittlerer Brechungsexponent 1,536199 und der Unterſchied von dieſem und dem Refractionsexponenten der äußerſten Strahlen 0,010367, die beiden analogen Werthe des Flintglaſes glichen 1,649405 und 0,021657, ſo hätten wir, wenn wir die nothwendige negative Brennweite der Flintglaslinſe mit x bezeichnen und die Dicke der Linſen vernachläſſigen,

[1]) A. Baumgartner die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zuſtande mit Rückſicht auf mathematiſche Begründung. Supplementband. Wien, 1831. 8. S. 1015.

$$x : 4 = \frac{0{,}021657}{0{,}649405} : \frac{0{,}010367}{0{,}536199}.$$

Daher $x = 6{,}8994$ Zoll.

Die reciproke Brennweite der Doppellinſe p wird aber

$$p = \frac{4 \times 6{,}8994}{6{,}8994 - 4} = 9{,}5184 \text{ Zoll gleichen.}$$

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß der Achromatismus der Combination um ſo vollſtändiger ausfallen wird, je geringer die Oeffnung der Linſe iſt. Er kann aber in jedem Falle nicht ganz vollkommen erſcheinen, weil die gegenſeitige richtige Deckung der am ſtärkſten und der am wenigſten brechbaren Farbenſtrahlen nicht auch daſſelbe günſtige Verhältniß für alle dazwiſchen liegenden colorirten Strahlen bedingt.

Daß ſich die Brennweiten beider Linſen wie die Differenzen der mittleren Brechungsexponenten von den äußerſten farbigen Strahlen dividirt durch die um 1 verminderten mittleren Refractionsexponenten verhalten, erhellt aus folgender Betrachtung. Sind wiederum ϱ, σ, r und s die Radien und n und m die mittleren Brechungsexponenten derſelben, ſo haben wir für die reciproke Brennweite, wenn wir die Dicke der brechenden Medien = 0 ſetzen und daher die beiden letzten Glieder aus der in §. 1045 gegebenen Grundgleichung hinwegfallen:

$$\frac{1}{p} = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) + (m-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right).$$

Nennen wir die Unterſchiede zwiſchen den mittleren und den äußerſten farbigen Refractionsgrößen x und y, ſo erhalten wir für die reciproke Brennweite in dem Maximum der farbigen Strahlenbrechung = p′ den Werth:

$$\frac{1}{p'} = (n + x - 1)\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) + (m + y - 1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right).$$

Soll aber die Combination achromatiſch ſein, ſo muß $\frac{1}{p} = \frac{1}{p'}$, folglich:

$$(n-1)\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) + (m-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right) = (n+x-1)\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) + (m + y - 1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right).$$

Setzen wir nun der Kürze wegen:

$$n - 1 = \beta \qquad \frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma} = \mu$$
$$m - 1 = \gamma \quad \text{und} \quad \frac{1}{r} + \frac{1}{s} = \nu$$

ſo haben wir:

$$\beta\mu + \gamma\nu = (\beta + x)\,\mu + (\gamma + y)\,\nu.$$

Hieraus folgt:

$$x\mu + y\nu = 0$$

und daher

$$x\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) = -\,y\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right).$$

Nennen wir aber die Brennweite der erſten Linſe b, die der zweiten c, ſo ergiebt ſich:

$$\frac{1}{b} = (n-1)\left(\frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma}\right) \text{ und}$$

$$\frac{1}{c} = (m-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{s}\right).$$

Folglich:

$$\frac{1}{b\,(n-1)} = \frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\sigma} \text{ und}$$

$$\frac{1}{c\,(m-1)} = \frac{1}{r} + \frac{1}{s}.$$

Subſtituiren wir dieſe Werthe in der obigen Endgleichung, ſo iſt:

$\frac{x}{b\,(n-1)} = -\frac{y}{c\,(m-1)}$ und daher, da der Focus von c der Biconcavität wegen ohnehin negativ iſt:

$$b : c = \frac{x}{n-1} : \frac{y}{m-1} = \frac{2\,x}{n-1} : \frac{2\,y}{m-1}$$

was, da 2 x und 2 y den Ausdruck der beiderſeitigen Zerſtreuungsvermögen bilden, zu beweiſen war.

Berückſichtigen wir dagegen in der in §. 1045 angeführten Grundgleichung die Dicke der beiden Linſen, ſo werden die Endwerthe um vieles complicirter. Es ergiebt ſich dann, wie man leicht ſieht, als Ausgangspunkt:

$$(n-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)+(m-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right)+\frac{(n-1)^2\alpha}{\varrho^2 n}+\left[(n\quad 1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)+\frac{m-1}{r}\right]^2\frac{a}{m}$$
$$=(n+x-1)\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)+(m+y-1)\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{s}\right)+\frac{(n+x-1)^2\alpha}{\varrho^2 n}+\left[(n+x-1)\right.$$
$$\left.\left(\frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}\right)+\frac{m+y-1}{r}\right]^2\frac{\alpha}{m}.$$

Macht man wieder

$$\begin{matrix} n-1=\beta \\ m-1=\gamma \end{matrix} \quad \text{und} \quad \begin{matrix} \frac{1}{\varrho}+\frac{1}{\sigma}=\mu \\ \frac{1}{r}+\frac{1}{s}=\nu \end{matrix} \quad \text{und} \quad \begin{matrix} \frac{1}{\varrho}=o \\ \frac{1}{r}=\pi \end{matrix}$$

ſo erhält man als Endwerth:

$$m\,n\,(x\,\mu+y\,\nu)+m\,x\,o^2\alpha\,(x+2\,\beta)+a\,n\,[(x\,\mu+y\,\pi)^2+2\,(\beta\,\mu+\gamma\,\pi)$$
$$(x\,\mu+y\,\pi)]=0.$$

Die Achromaſie kann daher in dem letzteren Falle nur dann zu Stande kommen, wenn einer oder mehrere Werthe negativ ausfallen.

1086 Da unſer **Auge** eine Combination von verſchiedenartigen Refractionsmedien darſtellt, ſo ergiebt ſich unmittelbar das Problem, ob es **achromatiſch** oder **chromatiſch** eingerichtet ſei. Die Beantwortung dieſer Frage erlitt im Laufe der Zeit verſchiedenartige Schickſale, die ſelbſt auf die Fortſchritte der Optik einen ſehr weſentlichen Einfluß ausübten. **Newton** war durch ſeine Verſuche zu dem unrichtigen Reſultate gelangt, daß das Zerſtreuungsvermögen in allen Körpern ihrem Brechungsexponenten proportional ſei. Entſpräche dieſes der Wahrheit, ſo könnte man keine zweckmäßige achromatiſche Linſencombination verfertigen. Denn geſetzt, wir hätten einen Lichtſtrahl durch ein biconvexes Glas hindurchgehen laſſen, ſo daß ſich ſeine Bündel in einer beſtimmten Vereinigungsweite ſammelten, die farbigen Strahlen dagegen aus einander wichen, und wir wollten dieſen Fehler durch ein biconcaves Glas mit entgegengeſetztem Zerſtreuungsvermögen eliminiren, ſo würde hierdurch alle Brechung gleichzeitig aufgehoben. Man würde nicht mehr, als mit freiem Auge und das Ganze nur dunkler ſehen, weil die Strahlen durch heterogene Medien hindurchgehen. **Euler** ſtützte ſich dagegen auf die Vorausſetzung, daß wir die Gegenſtände ungefärbt ſehen und eine zweckmäßige Achromaſie einer Linſencombination nicht außerhalb der Grenzen der Möglichkeit liege, weil das Problem in unſerem Auge realiſirt ſei. Er ſchlug daher anfangs vor, eine Flüſſigkeit zwiſchen zwei Glasmeniscis einzuſchließen, um zum

Ziele zu gelangen [1]). Nachdem aber ſpäter Dollond gefunden hatte, daß das Flintglas die Lichtſtrahlen ſtärker breche, aber noch mehr zerſtreue, als das Crownglas und dieſe Entdeckung durch Zeiher beſtätigt und zum Theil erweitert worden war, entwickelte Euler ſelbſt die Theorie des Achromatiſmus dergeſtalt, daß die Optik durch dieſe Rechnungen bedeutendere Fortſchritte machte, als ſie je durch bloße Erfahrungsſtudien hätte erzielen können [2]).

Gab aber auf dieſe Weiſe die Hypotheſe der Achromaſie des Auges zu reellen Fortſchritten Veranlaſſung, ſo zeigten ſpätere Verſuche (vorzüglich von Purkinje, Joh. Müller, Tourtual und Niedt), daß wir die Gegenſtände nur dann farblos ſehen, wenn ſie ſich innerhalb der Grenzen der natürlichen Sehweite befinden, daß ſie aber außerhalb derſelben oder, wie man ſich auch ausdrückt, bei unrichtiger Accommodation Farbenſäume oder dioptriſche Farben darbieten. Betrachtet man z. B., vorzüglich wenn man weitſichtig iſt, ein weißes Quadrat auf ſchwarzem Grunde bei einer bloßen Sehweite von 1″, ſo erſcheinen ſchmale, erſt allmälig durch Uebung genau zu detaillirende Farbenſäume des undeutlich geſehenen Bildes. Aehnliche Phänomene gewahrt man, wenn man einen nahe vor das Auge gehaltenen Gegenſtand nebenbei ſieht, während der Bulbus einen fern ſtehenden Körper firirt. Ebenſo ſtellen ſich dioptriſche Farbenerſcheinungen bei den verſchiedenen Modificationen des Scheiner'ſchen Verſuches, der Vermehrung der Bilder durch ähnliche Verhältniſſe oder durch Einträufeln von Belladonnaextract ins Auge dar [3]). Sie werden aber ſämmtlich von Kurzſichtigen, die zum Sehen in eine irgend bedeutende Ferne eine Brille nöthig haben, gar nicht oder weit ſchwächer wahrgenommen.

Der Annahme, daß das Auge urſprünglich chromatiſch ſei, widerſtreitet die ſonſtige höchſte Zweckmäßigkeit, welche wir an allen Apparaten der Natur vorfinden. Denn es wäre in der That ſehr merkwürdig, wenn ſie bei dem Bau unſeres Bulbus eine Unvollkommenheit nicht vermieden haben würde, die wir ſelbſt wenigſtens zu einem großen Theile bei unſeren optiſchen Apparaten zu entfernen vermögen. Ueberdies bemerkt Euler [4]) mit Recht, daß ſich ſonſt nicht füglich einſehen ließe, weshalb die Strahlen, welche unſer Auge durchdringen, durch mehrfache brechende Medien und nicht bloß durch Eines geleitet werden. Betrachten wir z. B. die wäſſerige Feuchtigkeit als eine ſehr verdünnte Kochſalzlöſung, welche eben dadurch ihren Brechungsexponenten von 1,3358 auf 1,3373 erhöht, ſo konnte ein einziges Medium durch größere Concentration dieſer Flüſſigkeit allein (da eine Solution des Kochſalzes = 1 : 66 ſchon einen Refractionsexponenten = 1,3477 erhält) [5]) oder durch ein anderes Hilfsmittel hergeſtellt werden, welches die durch den Glaskörper tretenden Strahlen auf der Netzhaut ſammelt. Wir werden gewiſſermaßen moraliſch gezwungen, eine Achromaſie des Auges innerhalb der natürlichen

---

[1]) Mémoires de l'Académie de Berlin. Année 1747. Berlin, 1749. 4. p. 279

[2]) Euler in Histoire de l'Académie des sciences et belles Lettres. Année 1767. Berlin, 1769. 4. p. 131—164, Novi Commentarii Petropolitani. Vol. 18. p. 415. und acta acad. Petrop. 1777. p. 174.

[3]) Eine große Zahl von Verſuchen, bei denen ſolche chromatiſche Reſultate erhalten werden, giebt z. B. Tourtual in Meckel's Archiv für Anatomie und Physiologie. Leipzig, 1830. 8. S. 145—177. Vergl. auch Niedt de dioptricis oculi coloribus ejusque polyopia. Berolini, 1842. 8. p. 8—36.

[4]) Mémoires de Berlin. 1747. Berlin, 1749. 4. p. 279.

[5]) Euler der Sohn in Priſtley's Geſchichte der Optik. Bd. II. S. 364.

Sehweite anzunehmen, ſei es nun, daß ſie durch einen dioptriſchen Kunſtgriff oder durch die Auffaſſung des Bildes bedingt werde.

Betrachten wir das Problem von der rein phyſikaliſchen Seite, ſo läßt ſich ſchon deshalb kein ſicheres Urtheil irgend einer Art fällen, weil noch bis jetzt alle Data über die Größen des Zerſtreuungsvermögens der Augenmedien fehlen. Allein theoretiſch ſcheint auf den erſten Blick die Nothwendigkeit der Chromaſie hervorzutreten. Denn wir haben als Gleichung der Achromaſie, welche aus dem Grundwerthe der Brechung der Refraction im Auge hervorging,

$$mn(x\mu + y\nu) + mxo^2\alpha(x + 2\beta) + an[(x\mu + y\pi)^2 + 2(\beta\mu + \gamma\pi)(x\mu + y\pi)] = 0.$$

Da nun ϱ, σ, r, s, α, a, m und n poſitive Werthe ſind, ſo kann keine Achromaſie zu Stande kommen, wenn auch, wie natürlich, x und y poſitiv bleiben ſollen. Allein die ganze Forderung wird in das Bereich der Möglichkeit übergeführt, wenn wir den geſchichteten Bau der Kryſtalllinſe, welcher bei der Grundformel des Auges außer Acht gelaſſen worden, berückſichtigen.

Da die Hornhaut und die wäſſrige Feuchtigkeit einerſeits und der Glaskörper andererſeits ein annähernd gleiches Brechungsverhältniß beſitzen, ſo haben wir die Differenz in dieſer Beziehung bei der Grundbeſtimmung der Vereinigungsweite der Bilder = 0 geſetzt. Das Reſultat der Rechnung zeigte uns aber, daß dieſes ohne irgend merklichen Fehler geſchehen kann. Nehmen wir nun an — was freilich problematiſch iſt — daß ſie auch daſſelbe Zerſtreuungsvermögen darbieten, ſo würde ſich die ganze Chromaſie des Auges eben ſo verhalten, wie wenn der Lichtſtrahl aus der Atmoſphäre durch die Kryſtalllinſe allein träte und dann wiederum in die Luft zurückkehrte. Wäre die ſphäriſche Linſe aus einer einförmigen Subſtanz zuſammengeſetzt, ſo müßte eine Farbenzerſtreuung erfolgen, ihre Krümmungshalbmeſſer ſeien, welche ſie wollen. Da ſie aber aus Schichten von verſchiedenem Refractions- und unzweifelhaft differentem Zerſtreuungsvermögen beſteht, ſo kann hierdurch eine Ausgleichung der Chromaſie bedingt werden. Dieſe könnte ſelbſt, wenn ſie auch an und für ſich noch chromatiſch wäre, die etwa vorhandenen Unterſchiede der Zerſtreuungsvermögen der Hornhaut, der wäſſrigen Feuchtigkeit und des Glaskörpers ausgleichen. Wir erlangten daher auf dieſe Weiſe einen Anhaltspunkt für die Erklärung der Vervielfältigung der Refractionsmedien des Auges. Halten wir uns z. B. der Kürze wegen nur an den ſtärker brechenden Kern und die ſchwächer ablenkenden übrigen Schichten der Linſe, ſo hätten wir das Analogon der Euler'ſchen achromatiſchen Objective, welche aus zwei Meniscen und einer eingeſchloſſenen Flüſſigkeit beſtehen, nur mit dem Unterſchiede, daß hier das Centralmedium einen geringeren, in unſerem Auge dagegen einen ſtärkeren Brechungsexponenten beſitzt. Die von Euler [1]) angegebene Endformel wäre mit den nothwendigen Veränderungen hier anwendbar, wenn man die freilich für unſere Linſe bei ihrer Kleinheit gewagte Vorausſetzung der Vernachläſſigung der Dicke der Schichten machen wollte. Um jedoch in dieſer Beziehung ſelbſt nur annähernde Berechnungen anzuſtellen, fehlen nicht nur alle Beobachtungen über die Zerſtreuungsvermögen, ſondern auch über die Halbmeſſer und Stärke der verſchieden brechenden Linſenſchichten.

Eine ſichere Ermittelung dieſer Erfahrungsdata wäre um ſo nützlicher, als die Frage des Einrichtungsvermögens durch die genaue Kenntniß der Urſachen der Achromaſie des Auges ihre Löſung finden könnte. Iſt nämlich unſer Auge, wie wahrſcheinlich, aus rein dioptriſchen Gründen in den Grenzen der mittleren Sehweite vollkommen achromatiſch, außerhalb derſelben aber chromatiſch, ſo würde dieſes dafür ſprechen, daß die Höhe der Centralfalte nebſt der Unebenheit und der Sphäricität des gelben Fleckes und der Dicke der Netzhaut die Unterſchiede der Vereinigungsweiten bei dem natürlichen Sehen deckt, daß aber bei dem unnatürlichen Sehen ſogleich eine Chromaſie hervortritt, weil ſich die Kryſtalllinſe entweder um ein Minimum verrückt oder andere dioptriſche Störungen zu Stande kommen. Selbſt die geringſte Bewegung der Linſe aber kann vielleicht Farbenkreiſe hervorrufen.

1087 Mit dem Namen der objectiven Farben bezeichnet man diejenigen, welche die einzelnen Körper, wenn ſie beleuchtet werden, vermöge der ihnen inwohnenden Molecularbeſchaffenheit darbieten. Da ſie im Finſtern ohne Unterſchied ſchwarz erſcheinen und ihre Eigenthümlichkeit erſt

---

1) a. a. O. S. 284.

durch das Auffallen fremder Lichtſtrahlen erhalten, ſo folgt hieraus, daß ihre Färbungen dadurch entſtehen, daß das von ihnen zurückgeworfene Licht, nachdem es durch unſer Auge gegangen, die Netzhaut mit demjenigen beſonderen Grade von Brechbarkeit anregt, welcher der beſtimmten Farbennuance entſpricht. Wir nennen daher ſolche Subſtanzen weiß, welche die Strahlen von verſchiedenem Refractionsvermögen gerade ſo, wie ſie in dem homogenen Lichte exiſtiren, in unſeren Bulbus zurückwerfen, grau oder ſchwarz dagegen, wenn das auf ihn fallende Licht in ſolchem Maaße verſchluckt wird, daß von keiner Farbengattung eine hinreichende Menge von Strahlen reflectirt werden, damit ein farbiger Eindruck zu Stande käme. Man kennt jedoch keinen abſolut weißen Körper und nimmt daher in der Optik höchſtens ideeller Weiſe eine ſolche Subſtanz an, um ſie den natürlichen Verhältniſſen der ſichtbaren Gegenſtände zum Grunde zu legen, ſie als Einheit zu betrachten und auf dieſe die Menge des zurückgeworfenen Lichtes zu reduciren. Das Weiße des Fließpapiers gleicht daher z. B. beinahe $\frac{1}{12}$, weil es ungefähr $\frac{1}{12}$ des auffallenden Lichtes reflectirt (Lambert).

Man ſieht leicht, daß die eigenthümliche Farbe eines Gegenſtandes 1088
von der Natur und der Menge der farbigen Lichtſtrahlen, welche zurückgeworfen, und derer, welche verſchluckt werden, abhängt. Es müſſen daher auch gleichförmige Miſchungen von Farbenſubſtanzen ſogenannte Mittelfarben oder Ueberlagerungen derſelben Deckfarben erzeugen. Dieſer Theil der Erſcheinung rührt von der Molecularbeſchaffenheit der Subſtanzen her und ändert ſich deshalb auch nicht, ſo lange ſie ſowohl, als das auffallende Licht keine Metamorphoſen erleiden. Wenn dagegen das letztere variirt, ſo muß auch eine andere Farbenmiſchung unter gewiſſen Vorausſetzungen zu Stande kommen können. Hält man einen gefärbten Körper in das Sonnenſpectrum, ſo giebt er zwar alle Farben des letzteren wieder; Allein diejenige, welche ſeiner Coloration in weißem Lichte am meiſten entſpricht, beſitzt die ſtärkſte Erleuchtung, während ſie in manchen anderen Theilen ſchwach ausfällt. Aus demſelben Grunde werden z. B. gelbe Körper in rein gelbem Lichte lebhaft gelb, blaue dagegen mehr oder minder grün. Das Letztere ſehen wir z. B. auch bei der Beleuchtung durch eine Kerzenflamme, welche eine große Menge gelben Lichtes beigemiſcht enthält.

Das Nähere dieſer Erſcheinungen, welches in die Phyſik gehört, ſiehe z. B. bei Kunzek a. a. O. S. 208—216. Eben ſo iſt die Annahme, daß von dunkleren Körpern Lichtſtrahlen, welche von der Netzhaut nicht mehr wahrgenommen werden, ſogenanntes latentes Licht ausſtröme, nicht ſowohl ein Gegenſtand der Phyſiologie als der Phyſik. Eine kurze Darſtellung dieſer Hypotheſe von Moſer [1]) und der Gegenannahme von Waidele, welcher die hier zum Grunde liegenden Erſcheinungen von der Verdichtung der elaſtiſch flüſſigen Subſtanzen an feſten Körpern herleitet, findet ſich z. B. in Pouillet's Lehrbuch der Phyſik und Meteorologie, für deutſche Verhältniſſe frei bearbeitet von Joh. Müller. Bd. II. Braunſchweig, 1843. 8. S. 364—68.

---

[1]) Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. LVI. 1842. 8. S. 177—233.

1089 Subjective Auffaſſung der äußeren ſichtbaren Gegenſtände. — Da die Perception aller unſerer Nervenapparate gewiſſe endliche Größen nicht zu überſchreiten vermag, ſo muß auch das auf der Netzhaut dargeſtellte Bild nur innerhalb beſtimmter Grenzen zur Wahrnehmung gelangen, außerhalb derſelben dagegen nicht aufgefaßt werden können. Iſt ſein Umfang zu bedeutend, ſo wird natürlich nur derjenige aliquote Theil, welcher einer beſtimmten Ausdehnung der Netzhaut entſpricht, percipirt, der übrige dagegen vernachläſſigt werden. Erreicht es dagegen eine ſolche Kleinheit, daß ſeine Oberfläche dieſſeit ſeiner nothwendigen Größe liegt, ſo muß ſeine Wirkung gänzlich hinwegfallen oder ſich einem Werthe, der gleich Null iſt, um ſo eher annähern, je mehr ſeine Flächenausdehnung von der dieſſeitigen Grenze entfernt liegt.

1090 Unterſuchen wir zuvörderſt den letzteren Fall, ſo finden wir zunächſt, daß ſehr kleine Gegenſtände, die ſich in einer gewiſſen Entfernung vom Auge befinden, undeutlicher erſcheinen und zuletzt gar nicht mehr geſehen werden. Dieſes Reſultat wird aber nicht bloß durch die Größe, ſondern auch durch die Menge und die Beſchaffenheit des von dem Objecte zurückgeworfenen Lichtes beſtimmt. Wir unterſcheiden noch einen im Sonnenlichte glänzenden Spinnwebefaden oder feinen Silberdraht in einer Entfernung, in welcher er uns im Schatten längſt unſichtbar geworden wäre. Ein ſchmaler weißer Streifen auf dunklem Grunde bleibt uns in größerer Diſtanz als ein gleich großer brauner, der ſich in denſelben Verhältniſſen befindet, kenntlich. Die Urſache aller dieſer Erſcheinungen liegt darin, daß das Netzhautbildchen, wenn es wahrgenommen werden ſoll, nicht bloß eine gewiſſe Größe, ſondern auch ein Quantum von abſoluter oder relativer Lichtſtärke haben muß, der Einfluß der letzteren aber bei kleinen Objecten bedeutender wird.

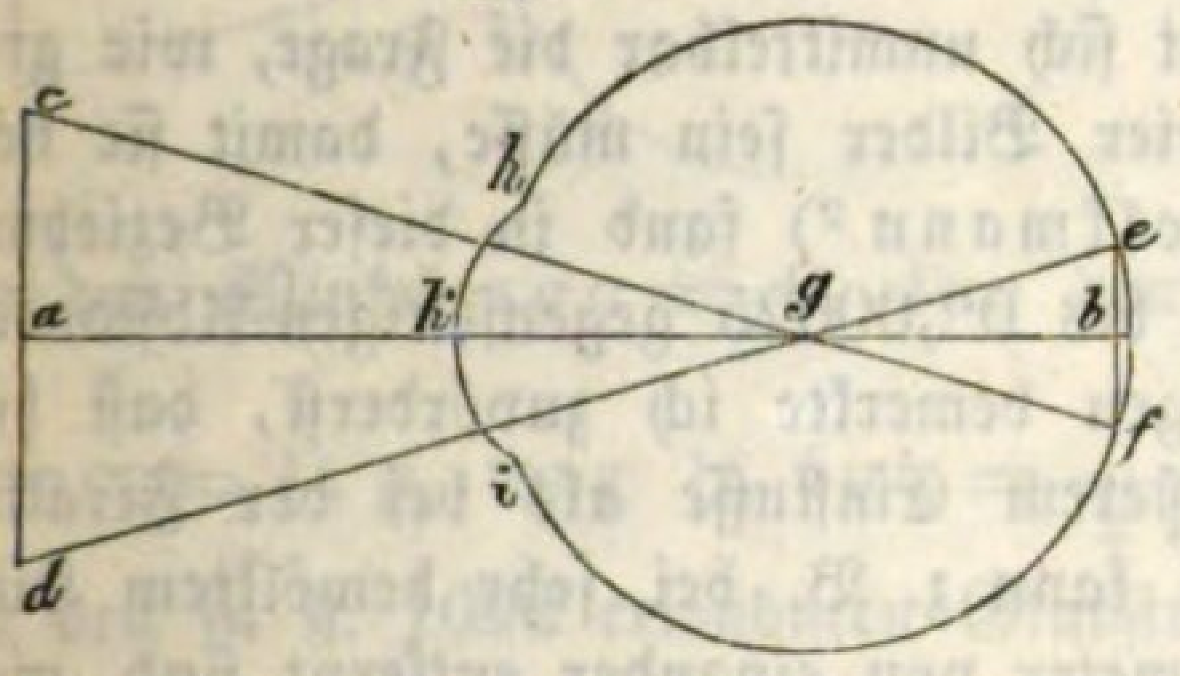
1091 Abſtrahiren wir aber auch von dieſem Nebenumſtande, ſo ginge es nicht an, die dieſſeitige Grenze des möglichen Sehens in dieſer Beziehung genau feſtzuſtellen, weil die Verſchiedenheit der Augen eine ſehr bedeutende Differenz veranlaßt, ja der civiliſirte Menſch ſteht ſchon in ſolcher Hinſicht dem Wilden mit ſeinem ſcharfen Geſichte unendlich nach. Es ließen ſich höchſtens relative Werthe für einzelne Individuen auffinden.

Dagegen gewinnt ſelbſt die unvollſtändige Löſung des Problemes ein höheres Intereſſe, wenn wir zugleich die Structur der Netzhaut berückſichtigen. Es fragt ſich nämlich alsdann, ob wir noch unter den günſtigſten Verhältniſſen Bilder ſehen können, deren Größe von der der Elemente der Netzhaut übertroffen wird. Geben uns die Reſultate, welche wir in dieſer Beziehung an geſunden Augen civiliſirter Menſchen erhalten, eine poſitive Antwort, ſo haben wir ein neues Axiom, welches für die Nerventhätigkeit überhaupt von Einfluß iſt, gewonnen. Bleibt dagegen der Entſcheid negativ, ſo können wir die Möglichkeit einer affirmativen Löſung nicht verneinen, ſondern nur als denkbar hinſtellen.

1092 Um aber die Größe des Netzhautbildchens zu berechnen, ver-

fahren wir am einfachſten, wenn wir die Hypotheſe, daß der Drehpunkt des Auges und der Kreuzungspunkt der Richtungslinien approximativ zuſammenfallen, zum Grunde legen. Wir werden dann, da dieſe Vorausſetzung nur für das directe Sehen und ſelbſt hierfür bloß annähernd richtig iſt, auch nur approximative Reſultate zu erwarten haben. Nennen wir ab die Verlängerung der Augenachſe, cd den Gegenſtand, welcher gerade durch ab halbirt wird, ef das Netzhautbild, g den Kreuzungspunkt der Richtungslinien, hi die Hornhaut, ak die Entfernung des Gegenſtandes von ihr, kg den Abſtand des Kreuzungspunktes der Richtungslinien von der Vorderfläche des Cornea in der Augenachſe und gb den von der Oberfläche der Netzhaut, ſo haben wir $ag : gb = cd : ef$, oder wenn wir $cd = g$, $ak = d$, $kg = e$ und $gb = f$ ſetzen, $d + e : f = g : ef$. Mithin $ef = \frac{fg}{d + e}$. Man ſieht leicht, daß dieſe Gleichung nur ſehr ungefähre Reſultate liefern kann, weil ſich die Werthe von e und f im beſten Falle bloß auf approximative Weiſe beſtimmen laſſen. Jedoch ſind jedenfalls die Beobachtungsirrungen bei Ermittelung dieſer Größen nicht ſo einflußreich, daß ſie die aus ſolchen Rechnungen ſich ergebende Hauptfolgerung umſtießen.

Fig. 153.



Wir hatten nämlich in §. 1012 für mein linkes Auge als Mittelwerth des horizontalen und ſenkrechten Drehpunktes $e = 5''',29$. Für f ergiebt ſich daher aus dieſer Zahl und den in §. 1039 verzeichneten Meſſungen von Krauſe $10''',731 - (5''',29 + 0''',6 + 0''',05 + 0''',06) = 4''',731$. Wenn ich ein Glas, in welches ſcharfe Striche von 0,007 Millimeter = 0,0031031 pariſer Linien Breite = g eingekritzt ſind, bei hellem Sonnenlichte gegen einen fernſtehenden dunklen Grund in günſtiger Poſition fixire, ſo kann ich jeden einzelnen Strich bei einer Diſtanz von 56 Centimeter = $248''',24576 = d$ ſeiner Breite noch ſehr deutlich erkennen. War dagegen die Sonne hinter einer dunklen Wolke verborgen, ſo ſank die nöthige Entfernung = d ſogleich auf 53,5 Centimeter. Wir haben daher in dem erſteren Falle die Größe des Netzhautbildchens = ef

$$= \frac{4,731 \times 0,0031031}{248,24576 + 5,29} = 0''',00005790 = 0'',00000483$$

oder ungefähr $\frac{1}{200000}$ pariſer Zoll. Nun beträgt der mittlere Durchmeſſer der Körperchen der innerſten Schicht der Netzhaut $0'',000350$, der der Nervenkörper derſelben $0'',000550$ und der der feineren Nervenprimitivfaſern nur $0'',000110$. Wir ſehen hieraus, daß Bilder, die viel kleiner als die ſelbſtſtändigen Elementartheile der Netzhaut (nicht aber die ferneren Molecule derſelben) ſind, unter günſtigen Verhältniſſen wahrgenommen werden können.

Volkmann [1]), welcher früher ſchon ganz die gleiche Berechnung nach den Angaben von Treviranus und ſeiner mittleren Beſtimmung des Drehpunktes des Auges anſtellte, kam auf die geringſte Größe des Netzhautbildchens = 0″,000060. Wahrſcheinlich rührt dieſes vorzugsweiſe davon her, daß Treviranus zur Zeit, wo er den Verſuch machte, weniger ſcharf als ich ſah oder ein minder günſtig beleuchtetes Object betrachtete. Jedoch bleibt dieſer Unterſchied, wie man ſieht, für das Hauptreſultat gleichgültig.

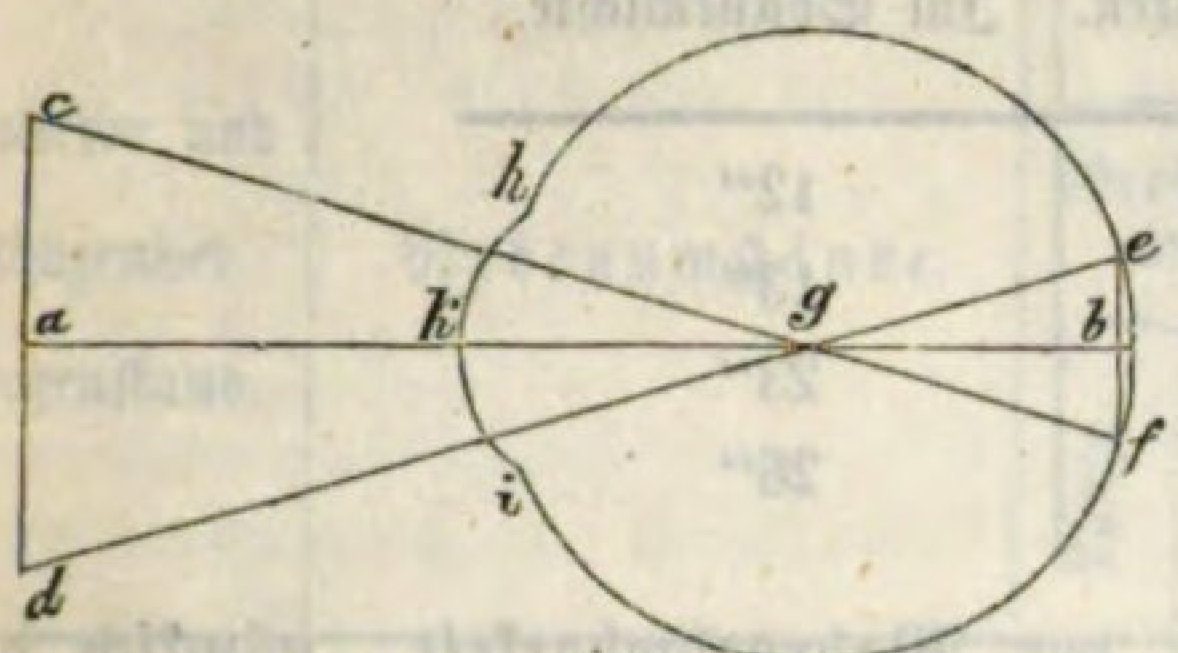
1093 An dieſe Unterſuchungen ſchließt ſich unmittelbar die Frage, wie groß das Minimum der Entfernung zweier Bilder ſein müſſe, damit ſie noch iſolirt wahrgenommen werden. Volkmann [2]) fand in dieſer Beziehung an verſchiedenen Perſonen 0″,00014 bis 0″,00025 gegenſeitigen Abſtandes. Bei Wiederholung der Unterſuchungen bemerkte ich zuvörderſt, daß hier die Beleuchtung von noch viel größerem Einfluſſe als bei der Fixation einfacher ſchmaler Objecte iſt. Ich kann z. B. bei ſehr bewölktem Himmel Mikrometerlinien, die $1/10$ Millimeter von einander entfernt ſind, nicht mehr einzeln unterſcheiden, während ich die zwiſchen ihnen befindlichen Zwiſchenräume bei hellem Sonnenlichte und ziemlich günſtiger Stellung in einer Entfernung von 26 Centimetern noch ganz deutlich wahrnahm. Da nun $1/10$ Mm. = 0‴,0443296 = g und 26 Centimeter = 115,25696, ſo haben wir für den Abſtand der beiden Netzhautbildchen der Mikrometerlinien $\frac{4,731 \times 0,443296}{115,25696 + 5,29} = 0''',0017398 = 0'',0001449$. Dieſer Werth iſt alſo 30 Mal ſo groß als die Ausdehnung des kleinſten Netzhautbildchens, welches ich bei den obigen Verſuchen gefunden habe. Bei ſehr günſtiger Stellung und ganz hellem Sonnenſcheine beträgt der Abſtand vom Auge, in welchem ich zwei benachbarte Linien, wenn ſie etwas geſchwärzt ſind, eben noch unterſcheide, 42 Centimeter = 186,184320. Wir haben daher für die gegenſeitige Entfernung der beiden Netzhautbilder $\frac{4,731 + 0,0443296}{186,18432 + 5,29} = 0''',0010953 = 0'',0000913$ oder ungefähr $1/10000''$. Solche Erfahrungen lehren deutlich, daß zwei Bilder noch iſolirt empfunden werden, wenn ſie bedeutend weniger, als der Durchmeſſer der Körner der innerſten Schicht oder der Nervenkörper der Netzhaut beträgt, von einander abſtehen, oder ſelbſt wenn ihre gegenſeitige Diſtanz von der Breite der feineren Nervenfaſern etwas übertroffen wird. Dieſes Verhältniß iſt leicht erklärlich. Denn wir werden einen iſolirten Eindruck eines jeden Bildes erhalten, wenn jedes derſelben auf einen verſchiedenartigen empfindenden Theil der Retina fällt. Nun ſind die Zwiſchenräume zwiſchen den Elementen der letzteren noch häufig bedeutend kleiner als dieſe ſelbſt. Es könnte daher der Abſtand des Netzhautbildchens noch geringer ausfallen, ohne daß nothwendig die iſolirte Auffaſſung derſelben verloren gehen müßte.

---

[1]) A. W. Volkmann Neue Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Leipzig, 1836. 8. S. 65. 66.

[2]) a. a. O. S. 202. 203.

Fig. 154.



Der Geſichtswinkel cgd, un- 1094
ter welchem noch die kleinſten Netzhautbilder geſehen werden, läßt ſich unter den Vorausſetzungen, welche §. 1092 gemacht worden, leicht berechnen. Denn bildet dgc ein gleichſchenkliges Dreieck und iſt $ag = d + e$ und $cd = g$, ſo haben wir in dem rechtwinkligen Dreiecke agc für den Winkel $agc = \frac{1}{2}\, dgc$ den Werth $\text{tang.}\ \frac{1}{2}\, agc = \frac{ac}{ag}$, oder da $ac = \frac{1}{2}\, g$, $\text{tang.}\ \frac{1}{2}\, agc = \frac{g}{2\,(d + e)}$. Hieraus ergiebt ſich dann für den in §. 1092 erwähnten Glasſtrich, deſſen kleinſtes Netzhautbildchen 0'',00000483 betrug, $\text{tang.}\ \frac{1}{2}\, agc = \frac{0.0031031}{2\,(248{,}24576 + 5{,}29)} = \text{tang.}\ 0^\circ\, 0'\, 1'',3$, folglich der Geſichtswinkel ſelbſt $= 0^\circ\, 0'\, 2'',6$ oder ungefähr 2 bis 3 Secunden.

Für den Geſichtswinkel φ des Spatiums, unter welchem die Mikrometerlinien abſtehen, haben wir im günſtigſten Falle dann $\text{tang.}\ \frac{1}{2}\, \varphi = \frac{0{,}0443296}{2\,(186{,}18432 + 5{,}29)} = \text{tang.}\ 0^\circ\, 0'\, 23'',9$. Mithin $\varphi = 0^\circ\, 0'\, 47'',8$.

Die Größe, bei welcher der Eindruck verſchwindet, hängt, wie ſich 1095
von ſelbſt verſteht, von der Intenſität und dem Grade der Wirkung des Netzhautbildes ab. Eine ſtumpfere Retina wird daher unter ſonſt gleichen objectiven Verhältniſſen weniger pünktlich als eine ſchärfere, ein kurzſichtiges Auge für ferne Gegenſtände unbefriedigender als ein weitſichtiges und umgekehrt arbeiten. Von den objectiven Momenten kommen vorzugsweiſe die Quanta des Farbengegenſatzes und des Lichtglanzes in Betracht. Man kann ſich z. B. leicht überzeugen, daß ein langer und ſchmaler Faden ſpäter als ein gleich breiter, aber ſehr kurzer dem Anblick entſchwindet. Je mehr eine Farbe gegen ihren Hintergrund contraſtirt, um ſo lebhafter wird ihr Eindruck werden und um ſo kleiner ihr Minimal-Geſichtswinkel ausfallen, unter dem ſie nicht mehr geſehen wird. Die letztere kann dann natürlich bei hellem Lichte, z. B. im Sonnenſchein, eine unbedeutendere Größe als im Schatten beſitzen. Für dieſe theoretiſchen Folgerungen liefern z. B. die Verſuche von Plateau anſchauliche Belege. Derſelbe befeſtigte kleine weiße, gelbe, rothe und blaue Papierſtreifen von 1 Centimeter Breite an einer ſenkrecht aufgeſtellten geſchwärzten Tafel und entfernte ſich von ihr ſo weit, bis die Flecke dem Auge verſchwanden. Durch nachfolgende Berechnung ergaben ſich hierbei nachfolgende in Secunden ausgedrückte Geſichtswinkel als Minima der Auffaſſung:

	Im Schatten.	Im Sonnenlichte.
Weiß	18″	12″
Gelb	19″	13″
Roth	31″	23″
Blau	42″	26″

1096 Kommen die Hauptbedingungen der Wahrnehmbarkeit, nämlich die Menge des Lichtes, das Quantum des Reflexes, die Größe und der Farbengegenſatz des Objectes mit einander in Wettſtreit, ſo hat die Intenſität der Beleuchtung, nächſt ihr aber, wie es ſcheint, die Größe und der Glanz des Gegenſtandes den weſentlichſten Einfluß. Aus leicht erklärlichen Gründen verſchwinden uns bisweilen kleine Objecte, welche in allen ihren Dimenſionen keine bedeutenden Durchmeſſer haben, eher aus dem Geſichte, als weit ſchmalere, welche nur eine beträchtlichere Länge beſitzen. Indem nämlich die Longitudinalausdehnung der Bilder ſpäter zu wirken aufhört, ſuppliren wir die Breite, wenn dieſe ſelbſt nicht mehr deutlich wahrgenommen wird, vollſtändig oder als größeres Zerſtreuungsbild. Bleiben alle anderen Einflüſſe die gleichen, ſo verſchwinden zwar gelbe Gegenſtände auf ſchwarzem Grunde früher als weiße; allein dieſer Unterſchied hört auf, oder das Verhältniß ſchlägt ſogar in das entgegengeſetzte um, ſo wie z. B. ein ſtärkerer Glanz als Compenſationsmittel wirkt.

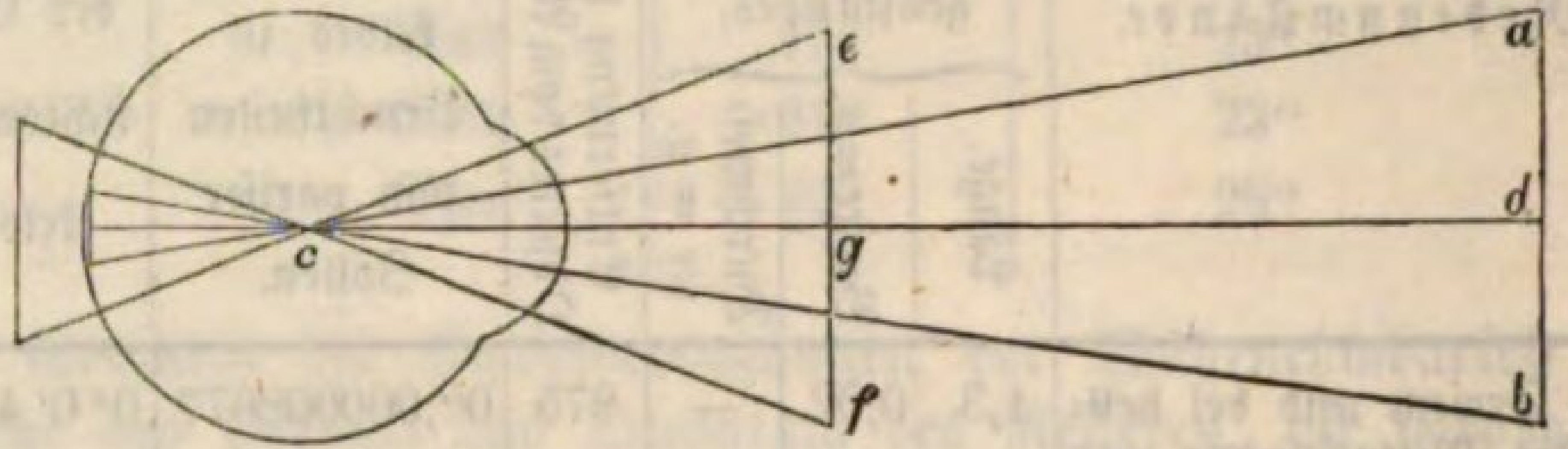
Die nachfolgende Tabelle giebt uns eine Reihe von Belegen für dieſe Sätze. Ich befeſtigte feinen, polirten Silber= und Golddraht auf einem ſchwarzen ſenkrechten Hintergrunde und entfernte mich ſo weit, bis ich das Bild mittelſt meines linken Auges, das ſeiner Myopie wegen mit einer entſprechenden Zerſtreuungsbrille bewaffnet war, nur höchſt undeutlich und verwaſchen ſah und einen Schritt weiter gar nicht mehr wahrnahm. Die Größen des Netzhautbildes und des Geſichtswinkels wurden nach den in §. 1092 u. §. 1094 angegebenen Methoden berechnet. Auch hier war natürlich $e = 5''',29 = 1,193$ Centimeter und $f = 4''',731 = 1,06723$ Centimeter.

Polirter und glänzender Gegenſtand.	Nebenumſtände.	In Centimetern ausgedrückte Größe des Gegenſtandes. Länge.	Breite = g.	Durchmeſſer = g.	Entfernung des Objectes vom Auge.	Kleinſter Werth des Netzhautbildes in Bruchtheilen von pariſer Zollen.	des Geſichtswinkels.
Silberdraht.	In Freiem und bei hellſter Mittagsſonne und ſehr wolkenloſem Himmel.	1,3	0,02	—	975	0″,000008077	0° 0′ 4″,2
Golddraht.	Desgl.	1,3	0,02	—	825	0″,000009543	0° 0′ 5‴
Desgl.	Bei ſtärkerem Reflex der Mittagsſonnenſtrahlen.	1,3	0,02	—	977	0″,000008061	0° 0′ 4″,2
Silberdraht.	Im Schatten des Zimmers, während auf der Straße die Morgenſonne ſchien.	1,3	0,02	—	672	0″,000011711	0° 0′ 6″,1
Golddraht.	Desgl.	1,4	0,02	—	612	0″,00001286	0° 0′ 6″,8
Kreis von Silberblech.	Im Freien und bei hellſter Mittagsſonne.	—	—	0,25	786	0″,0001288	0° 1′ 7″,4
Kreis von Goldblech.	Desgl.	—	—	0,36	828	0″,0001711	0° 1′ 29″,6
Kreis von Silberblech.	Im Schatten des Zimmers, während auf der Straße die Morgenſonne ſchien.	—	—	0,33	684	0″,0001882	0° 1′ 39″,4
Kreis von Goldblech.	Desgl.	—	—	0,34	620	0″,0002158	0° 1′ 53″,0

Zuvörderſt ergiebt ſich hieraus, daß mein kurzſichtiges Auge einen dünnen glänzenden und von der Sonne ſehr beleuchteten Silberdraht in bedeutender Entfernung erſt unter einem faſt doppelt ſo großen Geſichtswinkel, als einen ſehr feinen in der gehörigen Nähe gehaltenen Glasſtrich wahrnahm. Ja ſtreng genommen entſcheidet mehr die Länge als die Breite für die Wahrnehmung des erſteren. In dieſem Falle aber beträgt ſogar das Netzhautbildchen 0″,0005250 und der Geſichtswinkel 0° 4′ 36″. Wir ſehen hieraus, daß ein myopiſches Auge, ſelbſt wenn es mit einer ſcheinbar ganz guten Zerſtreuungsbrille bewaffnet iſt, ferne glänzende Gegenſtände verhältnißmäßig weniger ſcharf ſieht als nahe und kleinere, welche ſeiner natürlichen Sehweite in höherem Grade entſprechen. Dieſe Erſcheinung kann vorzugsweiſe in zweierlei zuſammenwirkenden Urſachen ihren Grund haben. 1) Entſpricht die Brille möglicher Weiſe nicht vollkommen dem Fehler des Auges, ſo daß dieſer nicht ganz exact aufgehoben wird, und 2) gehen der Netzhaut durch die größere Zerſtreuung des Lichtes, welches von entfernteren Objecten herkommt, zu viel Strahlen verloren. Es muß daher das Bild verſchwinden, ſobald dieſes nicht durch ſtärkere Reflexion compenſirt werden kann.

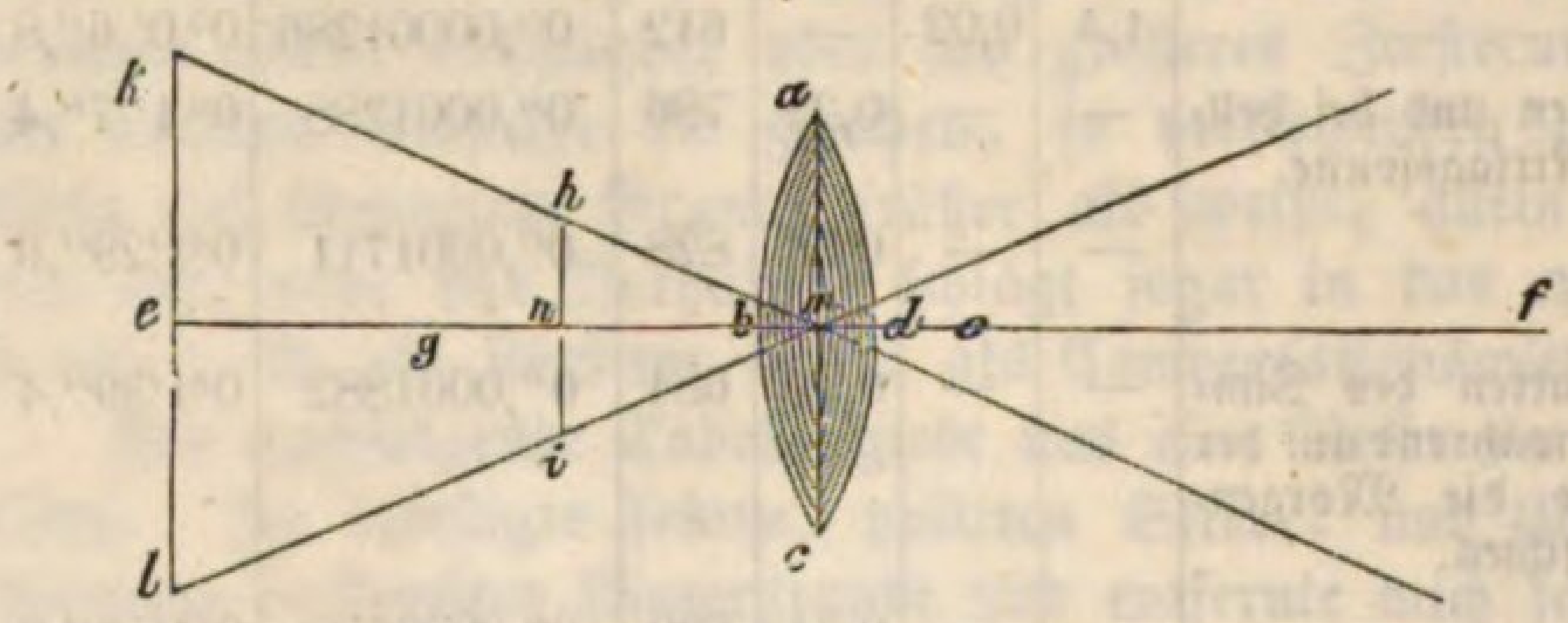
Die Lupen und Mikroſkope bilden Vorrichtungen, welche uns Gegenſtände, die wir ſonſt ihrer Kleinheit wegen nicht mehr deutlich wahrnehmen würden, ſo weit vergrößern, daß ſie uns in ihren Details zur Anſchauung kommen. Geſetzt, a b ſei ein Object, das in der Entfernung c d einen Geſichtswinkel a c b darbietet, unter welchem a b nicht mehr geſehen werden kann, ſo muß es wahrgenommen werden, wenn es dem

Fig. 155.



Auge ſo weit näher rückt, ſo daß es z. B. als e f in dem Abſtande g c den Geſichtswinkel e c f bildet. Allein dann läge es, wenn es ſehr klein iſt, dem Auge ſo nahe, daß die Vereinigungsweite ſeiner Strahlen eine Strecke hinter der Netzhaut fiele und nun aus dieſem Grunde nicht aufgefaßt würde. Hätten wir dagegen ein Mittel, durch welches es in dem Abſtande d c und unter dem größeren Winkel e c f zum Vorſchein käme, ſo wäre ſeine Perception geſichert. Dieſen Dienſt leiſten aber die Lupen und die einfachen Mikroſkope. Wir haben früher (§. 1034) geſehen, daß wenn z. B. a b c d eine biconvexe Linſe, e f ihre Achſenverlängerung u. g ihre Brennweite iſt, ein Gegenſtand h i, der zwiſchen g und b liegt, ſo erſcheint, als wenn er ſich in k l befände, d. h. er wird vergrößert, weil der Winkel h m i als k m l derſelbe geblieben, die Entfernung n m dagegen zu e m geworden iſt.

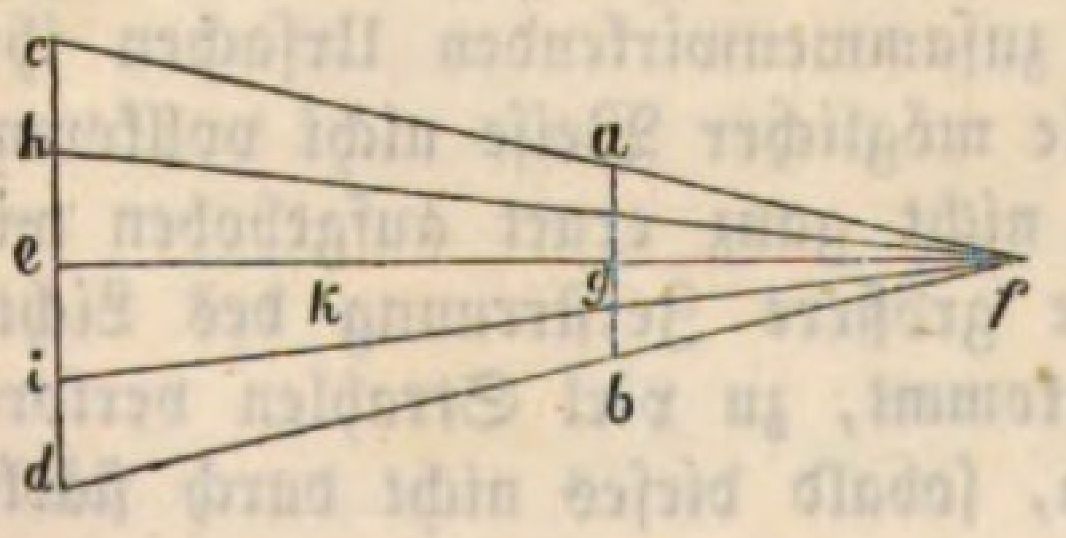
Fig. 156.



Befände ſich das Auge in m und läge k l in der Sehweite deſſelben, ſo müßte der Gegenſtand h i zu k l vergrößert zur Anſchauung kommen. Nun umfaſſen die beiderſeitigen Grenzen der deutlichen Sehweite eine gewiſſe Längenausdehnung. Es kann mithin die Lupe a b c d eine gewiſſe körperliche Dicke haben und das Auge hinter ihr zwiſchen d und o liegen, ohne daß ſich das Reſultat ändert. Für die Stellung des Objectes ergiebt ſich aber als unmittelbare Regel, daß es in eine ſolche Entfernung von der Linſe gebracht werden muß, daß ſein Bild mit der Sehweite des freien Auges zuſammenfällt.

Aus dieſen Grundſätzen folgt, daß ſich der vergrößerte Gegenſtand zu dem natürlichen, wie die Tangente des halben Geſichtswinkels des erſteren zur Tangente der Hälfte desjenigen Geſichtswinkels verhält, unter welchem das Object erſcheinen würde, wenn es ſich in der natürlichen Sehweite befände. Sind aber dieſe beiden Winkel ſehr klein, ſo verhält ſich das vergrößerte Bild zur natürlichen, wie der Geſichtswinkel, unter welchem es reel auftritt, zu dem, unter welchem es in der natürlichen Sehweite wahrgenommen würde. Theilen wir daher den erſteren Werth durch den letzteren, ſo haben wir das Maaß der Vergrößerung.

Fig. 157.



Denn geſetzt, a b ſei das kleine Object und c d ſein vergrößertes Bild, ſo wird e f die Sehweite, g f den Abſtand des Objectes vom Auge, ∠ c f d den Geſichtswinkel, unter dem es wahrgenommen wird, und, wenn h i = a b, ∠ h f i den Geſichtswinkel, wel-

cher ſich ohne Vergrößerung in der natürlichen Sehweite darſtellen würde, bilden. Werden nun c d, h i und a b durch e f halbirt und ſind bei e und g rechte Winkel, ſo haben wir c e : e f = sin. c f e : cos. c f e = sin. $\frac{1}{2}$ c f d : cos. $\frac{1}{2}$ c f d. Mithin tang. $\frac{1}{2}$ c f d $= \frac{ce}{ef}$. Eben ſo iſt h e : e f = sin. $\frac{1}{2}$ h f i : cos. $\frac{1}{2}$ h f i und daher tang. $\frac{1}{2}$ h f i $= \frac{he}{ef}$. Folglich c e : h e = c d : h i = tang. $\frac{1}{2}$ c f d : tang. $\frac{1}{2}$ h f i. Sind aber dieſe beiden letzteren Winkel ſehr klein, ſo können wir ſie ſelbſt ſtatt ihrer Tangenten ſetzen. Es iſt daher c d : h i = $\angle$ c f d : $\angle$ h f i, was zu beweiſen war.

Bezeichnen wir das Maaß oder die Stärke der Vergrößerung mit m, ſo haben wir $m = \frac{cd}{hi} = \frac{\text{tang. } \frac{1}{2}\, cfd}{\text{tang. } \frac{1}{2}\, hfi}$ oder auch unter den letzteren Vorausſetzungen $m = \frac{\angle\, cfd}{\angle\, hfi}$. In dieſer Beziehung können daher die Lupen und Mikroſkope als Vergrößerungsapparate der Geſichtswinkel, unter welchen kleinere Gegenſtände in der natürlichen Sehweite erſcheinen müßten, angeſehen werden.

Machen wir die natürliche Sehweite e f = f, die Brennweite der Linſe k f = p und die Entfernung des Gegenſtandes von derſelben = g f = b, ſo haben wir, da a b und c d parallel ſind, c d : a b = e f : g f = f : b. Die Stärke der Vergrößerung gleicht daher $\frac{f}{b}$, d. h. der natürlichen Sehweite dividirt durch den Abſtand des Objectes von der Lupe.

Wollen wir die Vergrößerung der letzteren aus ihrer Brennweite beſtimmen, ſo haben wir nach §. 1033, da die Vereinigungsweite des vergrößerten Bildes oder die natürliche Sehweite = f ſowohl als der Abſtand des Gegenſtandes = b negativ ſind:

$$-\frac{1}{f} = \frac{1}{p} - \frac{1}{b} \text{ oder}$$

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{p} + \frac{1}{f}.$$

Mithin $b = \frac{pf}{f+p}$.

Subſtituiren wir nun dieſen Werth in der obigen Gleichung $m = \frac{f}{b}$, ſo erhalten wir

$$m = \frac{f\,(p+f)}{f\,p} = \frac{f}{p} + 1,$$

d. h. die Stärke der Vergrößerung einer Linſe oder eines einfachen Mikroſkopes gleicht dem Quotienten aus der natürlichen Sehweite, getheilt durch die Brennweite der Linſe plus Eins.

Dieſes letztere Reſultat führt unmittelbar zu der Folgerung, daß die verſchiedenen Menſchen die gleichen Objecte unter den Mikroſkopen verſchieden groß wahrnehmen müſſen. Ein Weitſichtiger wird ſie größer, ein Kurzſichtiger kleiner erblicken. Denn beträgt z. B. die Brennweite einer Lupe 4 Zoll und die Sehweite eines Presbyopiſchen 16 Zoll, die eines Kurzſichtigen dagegen 6 Zoll, ſo gleicht die Stärke der Vergrößerung für den erſteren $\frac{16}{4} + 1 = 5$, für den letzteren dagegen $\frac{6}{4} + 1 = 2{,}5$.

Eben ſo ergiebt ſich von ſelbſt, daß eine Linſe um ſo mehr vergrößern muß, je kürzer ihr Focus iſt. Denn geſetzt, wir hätten eine von 4 Zoll und eine zweite von 1 Zoll Brennweite und die natürliche Sehweite betrüge 10 Zoll, ſo erhalten wir für jene $\frac{10}{4} + 1 = 3{,}5$, für dieſe dagegen $\frac{10}{1} + 1 = 11$. Da aber das Maaß der Vergrößerung der natürlichen Sehweite dividirt durch den Abſtand des Gegenſtandes gleicht, ſo haben wir in dem erſteren Falle, wenn wir dieſe Diſtanz mit x bezeichnen, 3,5 =

$\frac{10}{x}$ und $x = 2'',857$, in dem letzteren aber $11 = \frac{10}{x}$ und $x = 0'',909$, d. h. der Gegenſtand muß der Linſe um ſo mehr genähert werden, je kürzer die Brennweite und je ſtärker die Vergrößerung iſt. Suchen wir für dieſes Verhältniß allgemeinere Werthe, ſo erhalten wir ſie unmittelbar in der obigen Formel $b = \frac{p\,f}{f+p}$, d. h. die Diſtanz des Gegenſtandes von der Linſe gleicht dem Producte aus der natürlichen Sehweite und der Brennweite der Linſe dividirt durch die Summe dieſer beiden Größen. Da ſich aber aus der Gleichung $b = \frac{p\,f}{f+p}$ der Werth $1 + \frac{p}{f} = \frac{p}{b}$ ergiebt, ſo folgt hieraus, daß f und b gleichzeitig wachſen und fallen müſſen, d. h. ein Weitſichtiger iſt genöthigt, den kleinen zu betrachtenden Gegenſtand von dem Mikroſkope mehr als ein Kurzſichtiger zu entfernen.

Die Helligkeit des Mikroſkopes wird natürlich von der Menge der Lichtſtrahlen, welche in das Auge treten, beſtimmt werden. Die Hauptfactoren dieſer Bedingungen ſind die Menge des Lichtes, welches von dem kleinen Gegenſtande ausgeht, die Größe der Pupille und die der Oeffnung der Linſe. Um die erſtere zu verſtärken, werden durchſichtige Gegenſtände von unten durch einen ebenen oder concaven Reflexionsſpiegel, undurchſichtige dagegen von oben durch ein Prisma oder eine Sammellinſe beleuchtet. Was die Pupille betrifft, ſo würde jeder Punkt des Gegenſtandes, wenn er unmittelbar geſehen würde, einen Lichtkegel abſenden, deſſen Spitze jener Punkt ſelbſt, deſſen Baſis dagegen der Kreis des Sehloches wäre. Allein die dazwiſchen liegende Linſe ändert dieſes Verhältniß. Denn nur die auf ſie gelangenden Strahlen werden in das Auge eingeleitet. Es wird daher eine um ſo bedeutendere Zahl von ihnen auf unſere Netzhaut gelangen, je größer die Oeffnung der Linſe iſt. Nennen wir z. B. den Radius der letzteren r und den der Pupille ϱ, ſo würde die Menge der in das Auge tretenden Lichtſtrahlen oder die Helligkeit $H = \frac{r^2}{\varrho^2}$ ſein, wenn das Netzhautbild mittelſt der Linſe eben ſo groß als ohne ſie ausfiele. Die lineare Vergrößerung beträgt aber m, folglich die in die Fläche m^2. Es wird mithin dieſe Lichtmenge relativ um m^2 ſchwächer, und wir haben daher die Helligkeit $H = \frac{r^2}{\varrho^2\,m^2}$. Nun glich $m = \frac{f}{p} + 1$, oder ohne erheblichen Fehler $\frac{f}{p}$. Subſtituiren wir dieſen letzteren Werth, ſo haben wir $H = \frac{r^2\,p^2}{\varrho^2\,f^2}$, d. h. die Helligkeit gleicht dem Producte der Quadrate des Oeffnungshalbmeſſers und der Brennweite der Linſe dividirt durch das Product der Quadrate der natürlichen Sehweite und des Radius der Pupille. Machen wir z. B. die Sehweite $= f = 10''$ und den Halbmeſſer des Sehloches $= \varrho = 0''',7 = 0'',0583$, ſo haben wir $H = \frac{r^2\,p^2}{0{,}340}$. Es würde mithin die Helligkeit zunehmen, wenn ſich entweder die Brennweite oder der Oeffnungshalbmeſſer vergrößert. Das erſtere iſt jedoch mit einer Schwäche der Vergrößerung, das letztere, wenn beide Flächen der Linſe gleich ſind, mit einer bedeutenderen ſphäriſchen und chromatiſchen Aberration verbunden. Um dieſen zweiten Nachtheil zu vermeiden, ſucht man die Maſſe, aus welcher die Linſe beſteht, zu verändern. Man wählt z. B. Diamanten oder Saphire, welche eine ſtärkere Brechkraft und zum Theil ein geringeres Zerſtreuungsvermögen beſitzen. Wir haben z. B.

Körper.	Durchſchnittlicher Brechungsexponent.	Zerſtreuungsvermögen.
Glas	1,54	0,033
Saphir	1,794	0,026
Diamant	2,439	0,038

Da die Brennweite der Linſe = p und die beiden Radien derſelben = r und s, die Vereinigungsweite paralleler Strahlen $p = \frac{r\,s}{(n-1)\,(r+s)}$ oder, wenn r = s, $p = \frac{r}{2\,(n-1)}$ iſt, ſo erhalten wir z. B., wenn wir r = 10 ſetzen, folgende Werthe:

Linſe.	Brennweite.
Glas.	9,259
Saphir.	6,297
Diamant.	3,474

Es werden ſich bei denſelben Durchmeſſern die Vergrößerungen der Glaslinſe zu der der Saphir- und der der Diamantlinſe = 0,54 : 0,794 : 1,439 = 1 : 1,47 : 2,665 verhalten. Man wird alſo bei den letzteren für dieſelbe Vergrößerung bedeutendere Radien und einen ſtärkeren Focalabſtand anbringen, mithin mehr Helligkeit erzielen können. Denn da die Vergrößerung $\frac{f}{p}$ oder, weil $p = \frac{r}{2\,(n-\;)} = \frac{2\,.\,f\,(n-1)}{r\;p}$, ſo muß p und natürlich ebenfalls r um ſo mehr zunehmen, jemehr (n — 1) wächſt.

Eine größere Oeffnung der Linſe gewährt zugleich den Vortheil eines bedeutenderen Geſichtsfeldes des Mikroſkopes. Denn dieſes hängt von der Dicke des Glaſes und der Entfernung des Auges von demſelben unmittelbar, mithin in erſterer Beziehung mittelbar von der Quantität der Radien und der Brennweite ab.

Die zuſammengeſetzten Mikroſkope bieten im Weſentlichen die eben geſchilderten Eigenſchaften der einfachen dar und haben überdies noch den Vortheil, daß ſie ſtärkere Vergrößerungen erzeugen und aplanatiſcher und achromatiſcher verfertigt werden können. Dieſes erhellt ſchon aus den allgemeinen Principien der gegenſeitigen Linſencombinationen. Nehmen wir z. B. an, abcd ſei die eine, efgh die andere Linſe, ik die Achſenverlängerung beider, l die Brennweite von abcd und m die von efgh und no das kleine Object, ſo wird es von der Linſe abcd, da es zwiſchen l und b liegt, ſo aufgefaßt werden, daß ſein Bild in pq erſcheint. Hat aber efgh ſeinen Focus in m, ſo muß das durch ſie bewirkte Bild in rs auftreten. Befindet ſich nun das letztere in der natürlichen Sehweite des bei h liegenden Auges, ſo wird es bei dieſer Linſencombination deutlich geſehen werden. Damit dieſes Statt finde, müſſen die Strahlen ſchwach convergirend und faſt parallel ins Auge fallen. Es wird ſich daher das Bild faſt im Focus der Linſe efgh befinden. Zugleich erhellt hieraus, daß von den beiden Objectivlinſen efgh und abcd die letztere eine kleinere Brennweite haben muß als die erſtere. Daſſelbe gilt für die gegenſeitige Combination einer größeren Zahl von Linſen. Wenn wir daher z. B. ein Object unter Nr. 1 der Objective, die wir uns vorläufig als einfach denken wollen, betrachten, ſo fällt der Abſtand des Glaſes vom Gegenſtande größer aus, als wenn man Nr. 1 und 2 gebraucht. Bei einem Satze von 6 Objectivlinſen, wie ſie die Plößl'ſchen und Schiek'ſchen Mikroſkope haben, wird daher eine Combination von Nr. 4, 5 und 6 am wenigſten von dem Gegenſtande abſtehen.

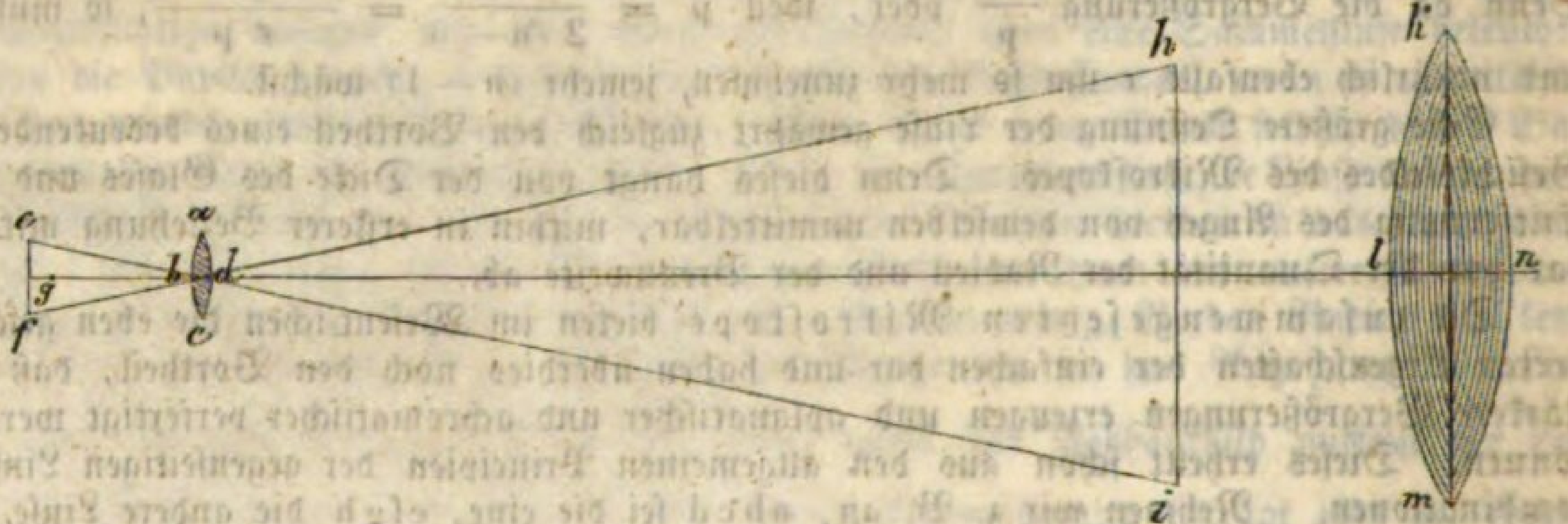
Fig. 158.

Der Vortheil dieſer mehrfachen Linſencombination ergiebt ſich von ſelbſt, wenn wir bedenken, daß beide Linſen zuſammen die Convergenz der Lichtſtrahlen in höherem Grade als eine verſtärken und daher ihre reciproke Brennweite kürzer ausfallen muß, als die

einer jeden einzeln genommen. Jede Linſe für ſich beſitzt daher einen größeren Focalabſtand oder längere Halbmeſſer. Wollten wir ſie aber durch Eine Linſe erſetzen, ſo müßte dieſe dieſelbe Brennweite als die reciproke der Doppellinſen, d. h. kürzere Radien oder ſtärkere Krümmungen haben. Sie böte daher eine größere ſphäriſche Aberration und eine geringere Deutlichkeit oder eine kleinere Oeffnung und daher ein beſchränkteres Geſichtsfeld dar. Alle dieſe Nachtheile werden durch die Doppelcombination der flacheren Linſen aufgehoben, ohne daß an Vergrößerungskraft verloren geht. Natürlicher Weiſe kann aber wiederum jede Linſe eine achromatiſche Verbindung eines biconvexen Crown- und eines zerſtreuenden Flintglaſes nach denſelben Regeln, die ſchon bei Gelegenheit der Achromaſie des Auges (§. 1083) dargeſtellt worden, enthalten.

Beſchränkt ſich die Combination auf zwei ſolche Objective, — welche in der Regel aus keinen beſonderen achromatiſchen Linſencombinationen zuſammengeſetzt ſind, weil das Auge ihnen ohnedies ſehr nahe liegt — ſo bildet dieſes ein ſogenanntes Doppelmikroſkop. Bei den größeren zuſammengeſetzten Inſtrumenten der Art dagegen wird das von den Objectiven gelieferte Bild von neuem durch Sammellinſen aufgefaßt und auf dieſe Art nochmals vergrößert. Geſetzt, a b c d ſei eine Objectivlinſe und ein kleiner Gegenſtand

Fig. 159.

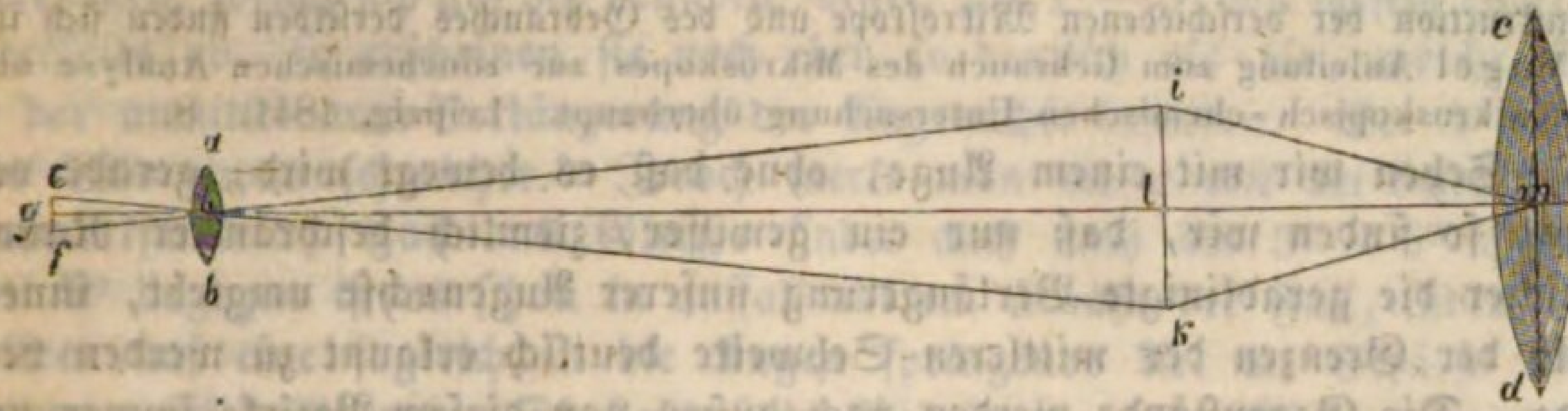


befinde ſich jenſeits der Brennweite derſelben g, ſo wird das Bild h i vergrößert und verkehrt erſcheinen. Betrachten wir nun aber h i durch eine zweite Sammellinſe k l m n, ſo daß das dicht hinter n befindliche Auge die Strahlen faſt parallel empfängt und in der deutlichen Sehweite auffaßt, ſo erzielen wir eine noch ſtärkere Vergrößerung. Zwiſchen dem Objectiv a b c d und dem Ocular k l m n befindet ſich ein Rohr, deſſen Innenfläche mit einer matten ſchwarzen Färbung überzogen iſt, damit keine ſeitliche Reflexion von Lichtſtrahlen ſtörend einwirkt. An der Stelle, an welcher das Bild auffällt, exiſtirt ein ebenfalls geſchwärztes Diaphragma, um alles ſonſtige unnöthige Licht abzuhalten. Die Oeffnung deſſelben darf aber natürlich weder größer noch kleiner als das Bild h i ſein, weil es ſonſt in dem erſteren Falle ſeinen Zweck unvollkommen erfüllen, in dem letzteren dagegen das Geſichtsfeld verkleinern würde.

Das Ocular iſt entweder einfach, oder beſteht aus zwei Gläſern, einer unteren Sammel- oder Collectiv- und einer oberen Ocularlinſe. Beide befinden ſich an einem innen matt geſchwärzten Rohre in einer beſtimmten Entfernung von einander. Zwiſchen ihnen liegt wieder ein Diaphragma in der Brennweite der Ocularlinſe und der Wirkung derſelben und der Convergenz der Lichtſtrahlen entſprechend. Da aber die mittlere Sehweite eine gewiſſe Längenausdehnung hat, ſo ſieht das Auge, wenn es nahe an das Ocular angelegt wird, eben ſo gut den Gegenſtand, als befände es ſich in dem optiſchen Mittelpunkte der Ocularlinſe. Indem dieſe und die Collectivlinſe eine einzige Linſe erſetzen, mithin flacher als ſie ſein können, wird die ſphäriſche und chromatiſche Abweichung durch ein zuſammengeſetztes Ocular eher als durch ein einfaches aufgehoben. Die achromatiſche Herſtellung der Objective erfolgt dadurch, daß man, umgekehrt wie bei den ähnlichen Gläſern der Fernröhre, zuerſt, d. h. dem Gegenſtande näher, die Flintglas- und entfernter die Crownglaslinſe anbringt.

Was die Stärke der Vergrößerung eines ſolchen Mikroſkopes betrifft, ſo wollen wir der Kürze wegen ein einfaches Ocular, welches doch zugleich als der Ausdruck des zuſammengeſetzten angeſehen werden kann, und das Auge im optiſchen Mittelpunkte deſſelben annehmen. Geſetzt, es ſei nun a b die Objectivlinſe und c d das Ocular. Beide

Fig. 160



ſind ſo geſtellt, daß ihre Achſen in einer geraden Linie hm und in der Mitte des zu betrachtenden Gegenſtandes ef liegen. Iſt nun ik das von der Objectivlinſe erzeugte vergrößerte und umgekehrte Bild von ef und bezeichnen wir den Abſtand deſſelben von dem Objectiv = hl mit a, den des Gegenſtandes von demſelben dagegen = gh mit b, ſo haben wir, da ef und ik parallel, ∠ ehf = ∠ ihk, △ ehf ähnlich △ ihk und gh und hl beide halbiren, ik : ef = hl : hg = a : b Mithin die Stärke der durch die Objectivlinſe bedingten Vergrößerung $= \frac{ik}{ef} = \frac{a}{b}$. Dieſes Bild $\frac{a}{b}$ wird aber durch das Ocular wie durch ein einfaches Mikroſkop angeſehen. Nennen wir daher die natürliche Sehweite f und die Brennweite der Linſe p, ſo haben wir für die Vergrößerung des Oculars $\frac{f}{p}$. Folglich beträgt die abſolute Vergrößerung des zuſammengeſetzten Mikroſkopes $= m = \frac{af}{bp}$. Dieſelbe Formel hat natürlich auch ihre Anwendung, wenn man die Einzelnwerthe der Collectivlinſe und der Ocularlinſe von zuſammengeſetzten Ocularen auf entſprechende Weiſe einträgt. Sie giebt uns aber auch zu gleicher Zeit über eine Reihe von Verhältniſſen, die wir an dem zuſammengeſetzten Mikroſkop wahrnehmen, unmittelbaren Aufſchluß.

1) Je größer die natürliche Sehweite = f ausfällt, um ſo mehr wächſt auch die Stärke von m. Es wird daher auch hier ein weitſichtiges Auge ausgedehntere Bilder als ein kurzſichtiges ſehen.

2) Nähern wir den Gegenſtand der Objectivlinſe, ſo daß gh = b kleiner und hl = a größer wird, ſo verſtärkt ſich auch m. Auf dieſem Wege ließen ſich daher bedeutende Variationen der Vergrößerung erzielen, wenn nicht ein anderer Nachtheil damit verbunden wäre. Denn da die Länge des Mikroſkopes = hl + lm = a + p iſt, ſo muß ſie zunehmen, ſo wie a wächſt. Dieſes würde nothwendig machen, daß das Rohr des Mikroſkopes wie ein Perſpectiv bedeutend ausgeſchoben werden müßte, und auf dieſe Art Unbequemlichkeiten bereiten. Man verzichtet daher lieber auf einen ſolchen Vortheil, richtet das Mikroſkop für fire Vergrößerungen ein und beſtimmt nach den ſtärkſten von dieſen die Länge des Rohres und die Größe der Diaphragmen. Nur bei einſetzbaren Ocularen bringt man jenes Princip zum Theil inſofern in Anwendung, als man bisweilen das Glas etwas herauszieht, um eine ſtärkere Vergrößerung zu erzielen. In dieſem Falle muß aber natürlich das Rohr ſo heruntergeſchraubt werden, daß ſich der Gegenſtand der Objectivlinſe entſprechend nähert.

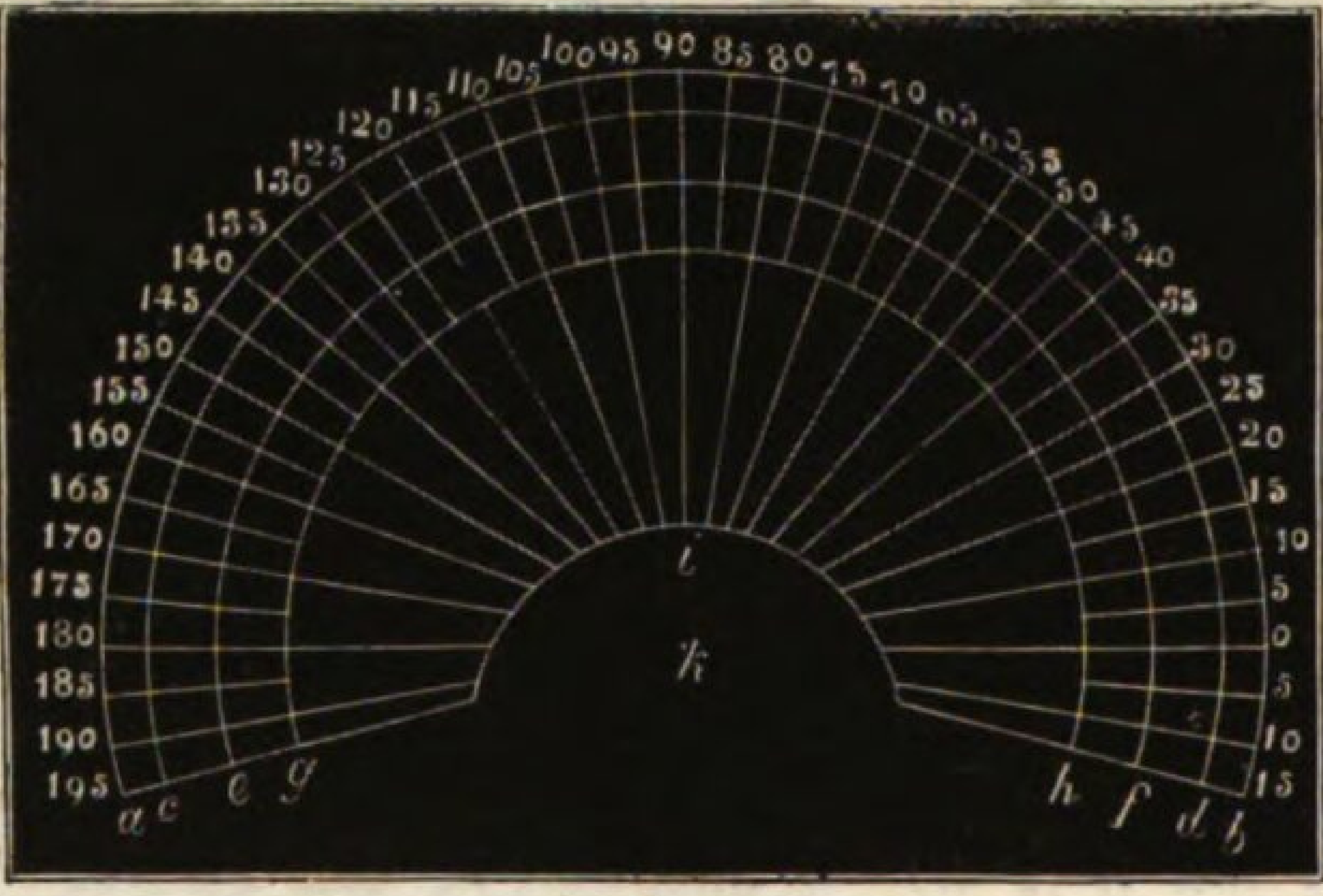
3) Je kürzer die Brennweite des Oculars = p wird, um ſo mehr erhöht ſich der Werth von b. Dieſes ergiebt ſich ſchon von ſelbſt, wenn wir bedenken, daß das Ocular auf das durch die Objectivlinſe erzeugte Bild eben ſo wirkt, wie ein einfaches Mikroſkop auf den untergelegten Gegenſtand. Eben ſo können verſchiedenartige paſſende Objective zu einem Ocular gebraucht werden. Die kürzere Brennweite einer einzelnen Linſe, welche bei der Kleinheit derſelben und der nothwendigen Krümmungshalbmeſſer ſehr ſchwer zu erreichen wäre, erſetzt man durch mehrere Linſen nach derſelben Weiſe, wie dieſes ſchon früher dargeſtellt worden.

Die übrigen optiſchen Verhältniſſe der Mikroſkope ſiehe z. B. in: J. C. E. Schmidt Lehrbuch der analytischen Optik, nach des Verfassers Tode herausgegeben von C. W. B. Goldschmidt. Göttingen, 1834. 8. S. 563—576. F. W. G. Radicke Handbuch der Optik, mit besonderer Rücksicht auf die neuesten Fortschritte der Wissenschaft. Bd. II. Berlin, 1839. 8 S. 347—58. und vorzüglich die ſehr klare und faß-

liche Darſtellung in Kunzek die Lehre vom Lichte nach dem neueſten Zuſtande der Wiſſenſchaft. Lemberg, 1836. 8. S. 222—238. Ausführliche Schilderungen der Conſtruction der verſchiedenen Mikroſkope und des Gebrauches derſelben finden ſich in: J. Vogel Anleitung zum Gebrauch des Mikroskopes zur zoochemischen Analyse und zur mikroskopisch-chemischen Untersuchung überhaupt. Leipzig, 1841. 8.

1097 Sehen wir mit einem Auge, ohne daß es bewegt wird, gerade vor uns, ſo finden wir, daß nur ein gewiſſer, ziemlich beſchränkter Raum, welcher die geradlinigte Verlängerung unſerer Augenachſe umgiebt, innerhalb der Grenzen der mittleren Sehweite deutlich erkannt zu werden vermag. Die Gegenſtände werden nach außen von dieſem Bezirke immer unklarer und verſchwinden endlich gänzlich aus dem Geſichtsfelde. Um aber dieſe Verhältniſſe genauer zu ermitteln, dient folgender einfache Apparat.

Fig. 161.



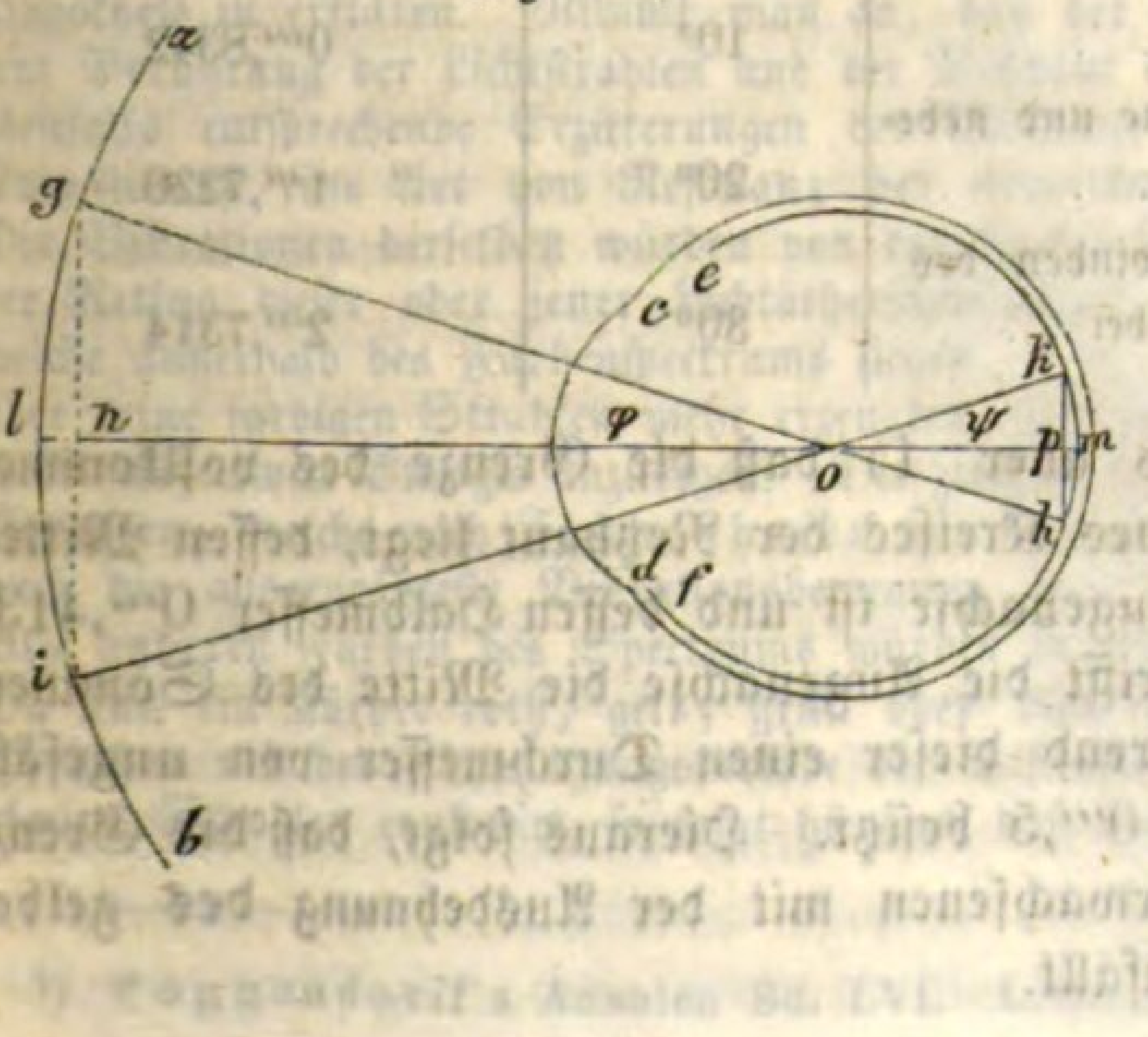
Man zieht auf einem großen ſteifen und ebenen Pappendeckel 4 concentriſche Kreisbogen ab, cd, ef und gh, z. B. von den Radien von 17,7, 19,9, 22,1 und 24,2 Centimetern und theilt ſie genau in 180° oder mehr, ſo daß 90° gerade in die Mitte kommt. Nun ſchneidet man die Umgebung des Mittelpunktes gih ſo aus, daß man das Auge bequem anlegen und ohne Hinderniß viſiren kann, wenn das Centrum k der Kreiſe mit dem Drehpunkte des Bulbus zuſammenfällt. Der Halbmeſſer, welcher 90° entſpricht, wird hierbei z. B. auf zweckmäßige Weiſe um 1,6 Centimeter verkürzt. Man ſtellt alsdann an dem äußerſten Kreiſe ab Nadeln bei 40°, 50°, 60°, 70°, 80°, 85°, 90°, 95°, 100°, 110°, 120°, 130° und 140° und an dem nächſt folgenden cd bei 80°, 90° und 100° ſenkrecht auf. Viſirt man nun die beiden einander deckenden Nadeln bei 90° und rückt den Apparat ſo lange, bis ſich auch die Nadeln bei 80° und 100° bei der Bewegung des Bulbus genau decken, ſo liegen der horizontale Drehpunkt unſeres Auges und der Mittelpunkt der Kreisbogen an einem Orte (§. 1012). Man blickt hierauf gerade vorwärts, ſo daß die Verlängerung der Augenachſe die beiden Nadeln bei 90° trifft und zählt ab, wie viel ſeitliche Nadeln deutlich, wie viele undeutlich und wie viele vollkommen verwiſcht und nebelig wahrgenommen werden. Durch ſenkrechte Aufſtellung des Apparates erhält man dann auch die geſuchten Werthe für die vertikale Ausdehnung. Indem man die Nadeln vorzüglich zwiſchen 80°, 85°, 90°, 95° und 100° von Grad zu Grad verrückt, finden ſich leicht die Grenzen des ſcharfen Sehens mit ziemlicher Genauigkeit. Ich erhielt nun auf dieſe Weiſe an meinem linken Bulbus folgende Reſultate:

1) Horizontaler Kreisbogen. — Stehen die Nadeln, während man diejenigen, welche ſich auf 90° befinden, viſirt, um 1°—3° von dieſem Werthe jederſeits ab, ſo erſcheinen ſie noch eben ſo deutlich als die, welche ſich in der unmittelbaren Verlängerung der Augenachſe befinden. Bei 4° wird das Bild etwas ſchwächer. Jedoch merkt man dieſes erſt bei beſonderer Aufmerkſamkeit. Faſt das Gleiche findet auch noch bei 5°—6° Statt. Bei 7° dagegen iſt es ſchon in auffallenderem Maaße der Fall, indem die Bilder auf eine ſogleich in die Augen ſpringende Art an Schärfe verlieren. Es tritt, wenn ſich beiderſeits Nadeln in einem Abſtande von 8° befinden, in vorzüglichem Maaße hervor. Diejenige, welche nach der inneren Seite des Auges hinſtand, erſchien etwas beſtimmter als die, welche nach außen befindlich war, ſo daß die äußere Seite der Netzhaut, da hier die Kreuzung der Richtungsſtrahlen in Betracht kommt, in geringem Grade im Vortheil war. Bei 10° zeigten ſich die Bilder nur bei ſcharfer Fixation ziemlich deutlich; ſonſt dagegen verwaſchener, oder man erblickte nur vorzugsweiſe die Knöpfe, nicht aber die übrigen Theile der Nadeln. Diejenigen, deren Diſtanz 20° auf jeder Seite betrug, wurden nur ſehr nebeligt dargeſtellt. Noch unvollkommener erſchienen die, welche um 30° abſtanden, während diejenigen, die 40° und 50° entfernt waren, gar nicht zur Auffaſſung kamen. Die inneren Nadeln, d. h. die Elemente der äußeren Hälfte der Netzhaut hatten auch bei allen dieſen bedeutenderen Abſtänden den Vorzug.

2) Senkrechter Kreisbogen. — Bis zu 7° geſtalteten ſich die Verhältniſſe wie bei der wagerechten Stellung des Apparates. Eine ſcharfe Differenz zwiſchen oben und unten trat mir hierbei wenigſtens auf keine conſtante Weiſe hervor. Die Bilder in 10° Entfernung dagegen erſchienen mir immer auffallend undeutlicher als an dem horizontalen Kreisbogen. An denen von 20° waren höchſtens die Nadelknöpfe ſehr nebeligt wahrzunehmen, während diejenigen von 30° gänzlich aus der Anſchauung hinwegfielen.

Alle dieſe Verſuche wurden in einem hellen ſchattigen Zimmer, während an den gegenüberliegenden Häuſern die Sonne ſchien, angeſtellt und gaben bei mehrfachen Wiederholungen dieſelben Reſultate. Die Nadeln waren neu und gut polirt, ſo daß ſie viel Licht reflectirten.

Fig. 162.



Wir können nun aus dieſen Thatſachen die Ausdehnung der vorzugsweiſe empfindenden Stellen der Netzhaut wenigſtens approximativ beſtimmen. Nehmen wir an, aglib ſei der Kreisbogen, auf welchem die Nadeln angebracht ſind, cd der Durchſchnitt der Hornhaut 1098

und ekmhf der des hinteren Theiles der Netzhaut, lm die Augenachſe und g und i zwei Nadeln, welche auf jeder Seite von l = 90° um den Winkel φ entfernt ſtehen, ſo bildet o den Kreuzungspunkt der Richtungslinien gh und ik und zugleich annäherungsweiſe den Drehpunkt des Auges. Da nun ∠ goi = koh als Scheitelwinkel und lm beide halbirt, ſo iſt $\varphi = \psi$. Nun haben wir für das Netzhautbild kh = 2 × kp, da kop ein rechtwinkeliges Dreieck iſt, kp : op = sin. ψ : cos. ψ. Mithin kp = op tang. ψ = op tang. φ. op iſt aber der aus früheren Beſtimmungen (§. 1012) bekannte mittlere Abſtand des Drehpunktes des Bulbus von dem hinteren Ende der Augenachſe und zwar für mein linkes Auge 4''',731. Wir erhalten mithin, wenn wir die oben verzeichneten Winkel der Rechnung zum Grunde legen, folgende Ausdehnung der mit verſchiedenartigen Empfindungsthätigkeiten verſehenen Stellen der Netzhaut.

Richtung.	Art des Sehens.	φ =	In pariſer Linien ausgedrückter einſeitiger Abſtand des Netzhautbildes von dem hinteren Ende der Augenachſe.
Horizontale.	Vollkommen deutlich . . .	1° — 3°	0''',0826 bis 0''',2479
	Noch vollkommen deutlich, doch mit dem erſten Minimum der geringeren Schärfe . . .	4°	0''',3308
	Grenze der mäßigen Deutlichkeit	5° — 6°	0''',4139 bis 0''',4972
	Ziemlich undeutlich . . .	10°	0''',8342
	Nur theilweiſe und nebeligte Bilder	20°	1''',7220
	Sehr unvollkommene und nebeligte Bilder	30°	2''',7314
	Gänzliches Verſchwinden der Bilder	30° — 40°	2''',7314 bis 3''',9698
Senkrechte.	Sehr undeutlich	10°	0''',8342
	Sehr unvollkommene und nebeligte Bilder	20°	1''',7220
	Gänzliches Verſchwinden des Bildes ungefähr bei . .	30°	2''',7314

Dieſe Zahlen zeigen uns aber 1) daß die Grenze des vollkommen deutlichen Sehens innerhalb eines Kreiſes der Netzhaut liegt, deſſen Mittelpunkt das hintere Ende der Augenachſe iſt und deſſen Halbmeſſer 0''',4139 bis 0''',4972 beträgt. Nun trifft die Augenachſe die Mitte des Sömmerring'ſchen gelben Fleckes, während dieſer einen Durchmeſſer von ungefähr 1''', mithin einen Radius von 0''',5 beſitzt. Hieraus folgt, daß die Grenze des deutlichen Sehens im Erwachſenen mit der Ausdehnung des gelben Fleckes der Netzhaut zuſammenfällt.

2) Die Bilder, welche auf dieſe Weiſe auf die Macula lutea gelangen, haben aber nicht alle die gleiche abſolute Schärfe. Fallen ſie bis zu einem Abſtande vom Mittelpunkte = 0''',2479 auf, ſo erſcheinen ſie faſt noch eben ſo beſtimmt, als wenn ſie in der Augenachſe ſelbſt liegen. Weiter nach außen dagegen tritt eine etwas bedeutendere allmälig zunehmende Unvollkommenheit ein, die ſchon bei 0''',3308 merklicher wird. Da nun das hintere Ende der inneren Augenachſe ungefähr auf die Mitte des Centralloches der Netzhaut fällt und dieſes in ſeiner größten Ausdehnung circa ein Dritttheil bis die Hälfte des gelben Fleckes einnimmt, ſo können wir ſchließen, daß diejenigen Bilder, welche die Gegend des Foramen centrale treffen, am deutlichſten geſehen werden und die Empfindlichkeit ſchon in der Peripherie der Macula lutea nach und nach abnimmt. Hiermit ſtimmt auch, daß die gelbe Färbung in dem Centrum am geſättigtſten iſt und, je weiter nach dem Umkreiſe, um ſo ſchwächer wird.

3) Die äußerſte Grenze des undeutlichen Sehens liegt zwiſchen 2''',7314 und 3''',9698; folglich im Mittel bei 3''',3506 einſeitiger horizontaler Entfernung von der Augenachſe. Nun beträgt die geſammte Breite der Centralfalte der Netzhaut ungefähr 2''' und der horizontale Abſtand des Formen centrale von der Mitte der Eintrittsſtelle des Sehnerven circa 1''',5. Es geht mithin die Möglichkeit der undeutlichen Auffaſſung der Bilder über dieſe beiden Stellen hinaus. In ſenkrechter Richtung tritt ſchon bei einem einſeitigen Abſtande von 0''',8342 eine auffallendere Undeutlichkeit hervor, während die Grenze des möglichen Sehens bei 2''',7314 fällt. Auch hier findet mithin ein Ueberſchreiten der in vertikaler Richtung weniger ausgedehnten Centralfalte Statt.

Alle dieſe Verhältniſſe beziehen ſich auf vollkommen geſunde Augen und das normale Sehen bei hellem Tageslichte. Denn wir werden in der Folge bei der Erläuterung der Auffaſſung der Bilder mittelſt zwei Augen und der Darſtellung der ſubjectiven Geſichtserſcheinungen finden, daß dieſe Erſcheinungen unter abnormen Bedingungen weſentliche Veränderungen erleiden können.

Die gelbe Farbe des Sömmerring'ſchen Fleckes ſuchte Melloni [1]) durch folgende Hypotheſe zu erklären. Nimmt man an, daß der Proceß des Sehens nicht bloß durch eine Berührung der Lichtſtrahlen und der Netzhaut erfolgt, ſondern daß die Lichtwellen ebenfalls entſprechende Erzitterungen der Molecule der Retina erregen, ſo müßte die Empfindung eine Art von Reſonanz der einwirkenden Aetherſchwingungen darſtellen. Die Vibrationen derſelben würden von der Leichtigkeit abhängen, mit welcher die Atome der Retina dieſer oder jener Lichtätherſchwingung folgen. Diejenigen Modulationen, welche außerhalb des Farbenſpectrums liegen, d. h. die, welche thermiſche und chemiſche, aber keine farbigen Strahlen mehr erzeugten, ermangelten der Fähigkeit, die Netzhaut zu ihrer ſubjectiven Energie anzuregen. Die zwiſchen Gelb und Orange dagegen befindlichen Strahlen, welche nach Frauenhofer das Maximum der Lichtſtärke beſitzen, müßten auch die ausgeprägteſte Vibrationsbewegung den Elementen der Netzhaut mittheilen. Alle anderen Farben des Spectrums würden in dieſer Beziehung der gelben nachſtehen. Da nun ein Körper roth, gelb, grün oder blau erſcheint, wenn die Spannung ſeiner Theilchen mit der Schwingungsperiode der Vibrationen der rothen, gelben, grünen oder blauen Strahlen conſonirt, ſo folgt hieraus, daß die Netzhaut unter den obigen Verhält-

---

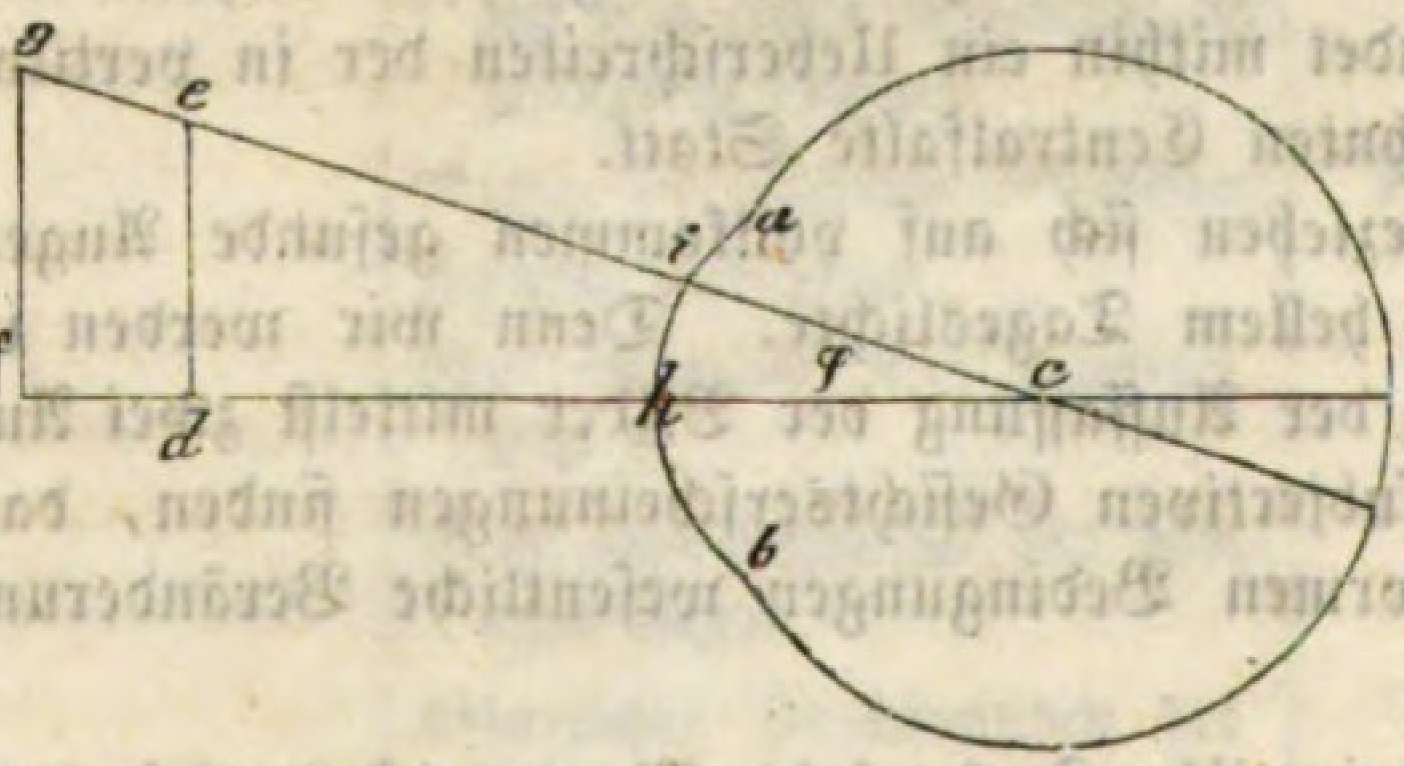
[1]) Poggendorff's Annalen Bd. LVI. Leipzig, 1842. 8. S. 574—87.

niſſen gelb gefärbt ſein muß. Dieſes Deſiderat erfüllt nun der Sömmerring'ſche Fleck. Ja es ſoll ſogar auch nach Melloni die übrige Retina einen ſchwach gelblichen Anſtrich beſitzen. Mit Zunahme der Jahre nehme die Coloration der Retina ab, während ſich die der Kryſtalllinſe compenſationsweiſe vergrößert und auf dieſe Art endlich bei ſehr alten Leuten bernſteinfarben wird (§. 1040). Gegen dieſe Theorie läßt ſich zwar einwenden, daß der gelbe Fleck bei zarten Kindern und den Thieren, mit Ausnahme der Affen, fehlt. Allein möglicher Weiſe kann allerdings die Thatſache, daß das Gelb des Farbenſpectrums mit der größten Lichtſtärke wahrgenommen wird, von der Farbe der Macula lutea abhängen.

1099 Diejenige Perception, welche wegen der Lage des Netzhautbildes in der Nähe der Augenachſe am klarſten iſt, heißt directes, die hingegen, welche bei größerer Entfernung des erſteren von dem Centralloche undeutlich erſcheint, indirectes Sehen. Beiderlei Arten gehen natürlich allmälig in einander über. Der Umfang aber, in welchem die Gegenſtände überhaupt von jedem Auge für ſich erblickt werden können, heißt einfacher Geſichtskreis, Horopter. Er hat einen wagerechten, einen ſenkrechten und unendlich viele dazwiſchen liegende Durchmeſſer und iſt nach Verſchiedenheit des Sehens ein directer oder indirecter.

1100 Abſtrahiren wir von den Deutlichkeitsunterſchieden, welche durch die Größe der Entfernung ſelbſt bedingt werden, ſo laſſen ſich die Durchmeſſerwerthe des Geſichtskreiſes aus den in §. 1098 angegebenen Winkelverhältniſſen leicht berechnen. Denn wenn z. B. ahib den Durchſchnitt der Hornhaut, c den Kreuzungspunkt der Richtungslinien und zugleich annäherungsweiſe den Drehpunkt des Augapfels, hd eine Entfernung und hf eine zweite Diſtanz von der Cornea bildet, ſo ſind de und fg die entſprechenden halben Ausdehnungen des Geſichtskreiſes. Wir haben aber nach §. 1012 $hc = 5''',29 = 0'',44085 = 0',03674$. Obgleich nun dieſer Werth ſo klein iſt, daß man ihn bei irgend bedeutenden Entfernungen ohne erheblichen Fehler außer Acht laſſen kann, ſo wollen wir ihn doch noch der größeren Genauigkeit wegen in unſerer Rechnung berückſichtigen. Nun ſind die Dreiecke dce und fcg rechtwinklig und einander ähnlich. Es ergiebt ſich daher zuvörderſt $de : dc = de : dh + 0',03674 = \sin.\varphi : \cos.\varphi$ und $de = \tan g.\varphi\,(dh + 0,03674)$. Eben ſo iſt $fg = \tan g.\varphi\,(fh + 0',03674)$. Das Doppelte des Endwerthes giebt dann den Durchmeſſer des Horopters.

Fig. 163.



Wie man leicht ſieht, kann dieſe Beſtimmung nur eine annähernde ſein. Sie fiele vollkommen richtig aus, wenn auch das Netzhautbildchen in einer ebenen Fläche, welche fg parallel iſt, läge. Da dieſes aber nicht der Fall iſt, ſo kann auch fg keine grade Linie bilden. Wäre die Retina einfach ſphäriſch, ſo ließe ſich die nöthige Correction leicht vornehmen. Da dieſes jedoch nicht der Fall iſt und überdies noch, abgeſehen von der

Dicke der empfindenden Theile der Netzhaut, die Curven, welche durch die Plica centralis und die Einſenkung des Sömmerring'ſchen Loches gebildet werden, unbekannt ſind, ſo gehört auch eine ganz befriedigende Berechnung dieſes Problems zu den Unmöglichkeiten.

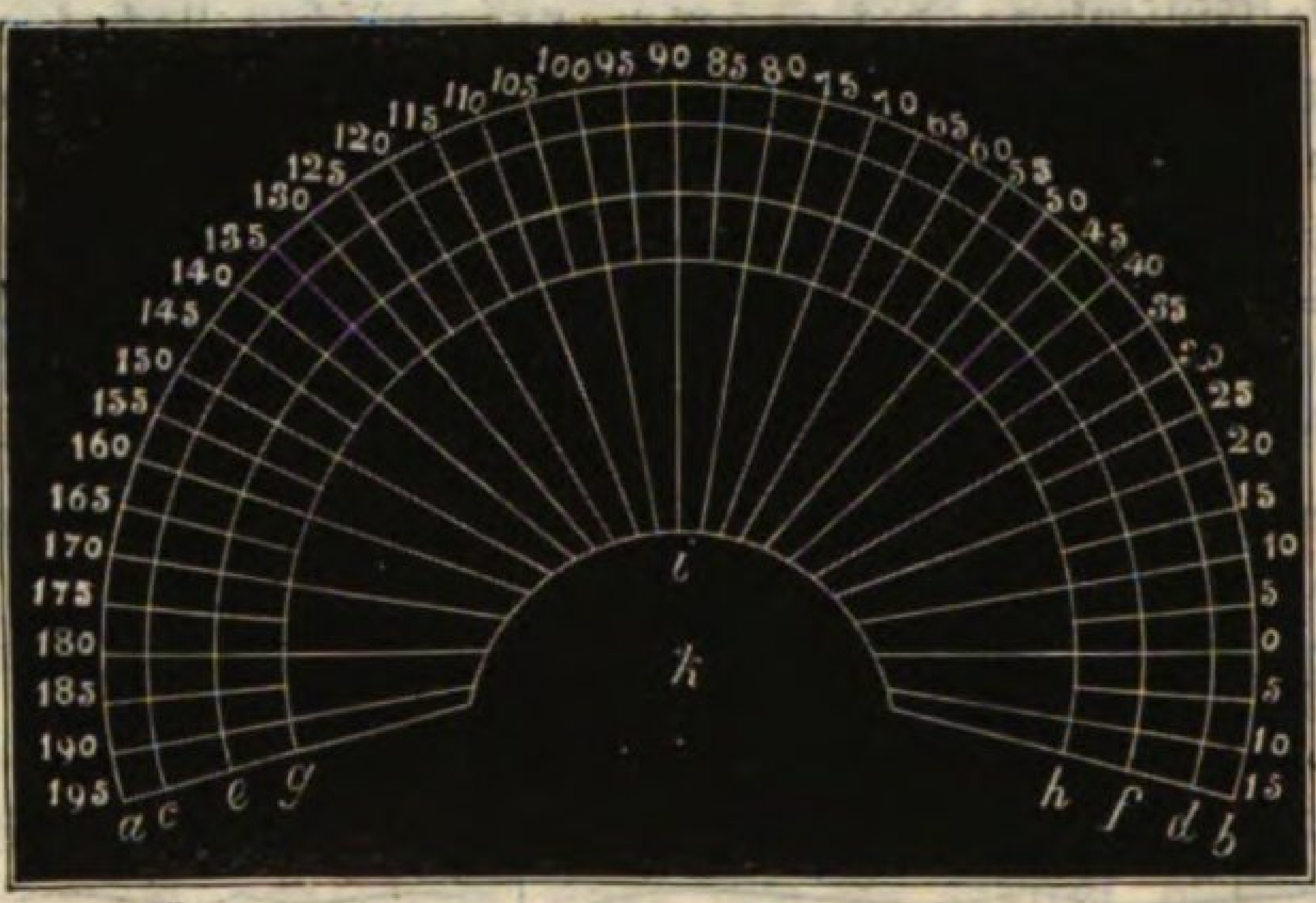
Nehmen wir an, daß φ für die Grenze der vollkommenen Deutlichkeit = 3°, für die der mäßigen Klarheit = 5° und für die der möglichen Auffaſſung der undeutlichſten Bilder der Breite nach = 30°, ſo ergeben ſich z. B. für die zwiſchen 4 Zoll und 4 Meilen liegenden Entfernungen folgende Werthe:

In pariſer Fuß ausgedrückte Größen			
der Entfernung.	des Durchmeſſers des Geſichtskreiſes bei unbewegtem Auge.		
	Directes Sehen.		Indirectes Sehen.
	Mit vollkommener Deutlichkeit $\varphi = 3°$.	Mit mäßiger Klarheit $\varphi = 5°$.	Mögliche Auffaſſung der unbeſtimmteſten Bilder $\varphi = 30°$.
1/3	0',03878 (= 0'',47)	0',06474 (= 0'',78)	0',42732 (= 5'',12)
2/3	0',07373 (= 0'',88)	0',12308 (= 1'',48)	0',81222 (= 9'',75)
1	0',10866 (= 1'',30)	0',18140 (= 2'',18)	1',19712
10	1',05200	1',75620	11',5894
100	10',4854	17',5042	115',512
1000	104',816	174',984	1154',74
12000	1257',78	2099',8	13856',8
96000	10062',2	16797',8	110852'

So lange $\varphi = 3°$ oder $= 5°$, mithin der Scheitelwinkel des Horopterdreieckes = 6° oder = 10° bleibt, hat jeder der Baſalwinkel derſelben 87° oder 85°. Es iſt daher der Durchmeſſer des Geſichtskreiſes beträchtlich kleiner als die Entfernung des Gegenſtandes. Wenn dagegen $\varphi = 30°$, mithin der Scheitelwinkel des Geſichtskreiſes = 60° und daher auch jeder der Baſalwinkel = 60° wird, ſo muß ſich die natürliche Breite des Horopters dergeſtalt vergrößern, daß $2\,de > dh$ iſt und ſie mithin die Entfernung an Ausdehnung übertrifft. Sollte ſie dieſer gleichen, ſo müßte, wie ſich aus der obigen Formel leicht ergiebt, $\text{tang.}\,\varphi = \frac{dh}{dh + 0',03674}$. Setzen wir daher $dh = 1'$, ſo haben wir $\varphi = 43°\ 58'$.

Wir haben bisher vorausgeſetzt, daß alle ſucceſſiven Stellen der Netz- 1101
haut, auf welche die Bilder äußerer Gegenſtände bei dem directen oder indirecten Sehen fallen, ein vollſtändiges Auffaſſungsvermögen beſitzen. Allein eine genauere Unterſuchung lehrt, daß dieſes nicht allgemein der Fall iſt. Bedienen wir uns wieder des in §. 1097 erwähnten Horopterkreiſes, pflanzen eine Stecknadel bei 112° oder 113° auf und fixiren die bei 90° befindlichen Stäbe mit unſerem linken Augapfel, nachdem wir den Drehpunkt deſſelben auf die in §. 1012 geſchilderte Art mit dem Mittelpunkte der Kreisbogen identificirt haben, ſo erſcheint uns das Bild der bei 102° ſtehenden Nadel weit undeutlicher als das einer anderen, die ſich z. B. bei 110° oder 120° befindet. Noch unkenntlicher wird ſie bei 103°, wenn die

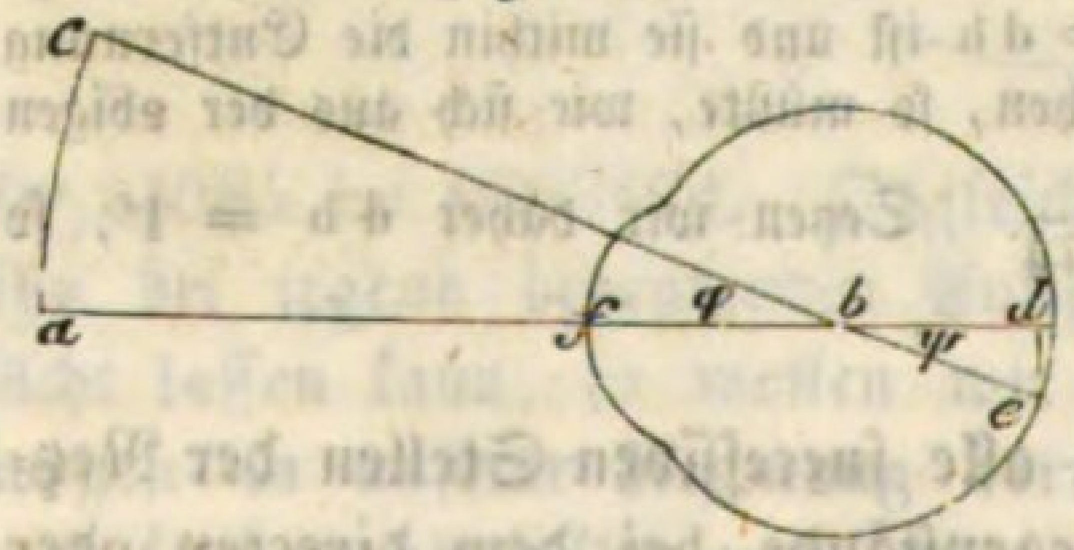
Fig. 164.



Höhe derſelben 2 bis 2,1 Centimeter und der Radius ihres Abſtandes 24,2 Centimeter beträgt. Gleicht aber ihre Länge nur 1,75 Centimeter, ſo verſchwindet ſie dann gänzlich aus dem Geſichtsfelde. Dieſelbe Erſcheinung erhält ſich, wenn ſie bei 104°, 105°, 106°, 107° eingeſetzt wird. Bei 108° tritt ein unvollſtändiges Nebelbild auf. Es wird bei 109° ſtärker und verhält ſich bei 110° wie eine indirecte Geſichtswahrnehmung. Wir haben alſo nach außen von der Verlängerung der Augenachſe, d. h. der Kreuzung wegen nach innen von dem hinteren Ende derſelben eine Stelle, welche keine äußeren Bilder auffaßt. Sie ſteht von der Augenachſe ungefähr 13° bis 18° ab. Pflanzt man die Nadel in der gleichen Entfernung nach innen von der Augenachſe auf, alſo zwiſchen 72° und 77°, ſo erſcheint ſie immer bei dem indirecten Sehen auf das deutlichſte. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß ſich die Verhältniſſe für das rechte Auge geradezu umkehren.

1102 Beſtimmen wir aber dieſe Winkelgröße genauer, ſo kann ich für mein linkes Auge annehmen, daß eine Nadel von 1,75 Centimeter Länge, wenn die Horizontalebene der Augenachſe ungefähr gerade durch ihre Mitte hindurchgeht, bei 13° bis 17°,5 äußerer Abweichung von der Augenachſenverlängerung vollkommen unſichtbar wird. Geſetzt nun, ad ſei die letztere, d ihr hinteres Ende, $\varphi = \psi$ der genannte Winkel und b der Kreuzungspunkt der Richtungslinien, ſo haben wir, da bde $= 90°$, de $=$ bd tang. φ. Es war aber bd für mein linkes Auge nach §. 1098 $= 4''',731$. Wir erhalten daher

Fig. 165.



$\varphi = 13°$ bd $= 1''',0922$

$\varphi = 17°,5$ bd $= 1''',4916$.

Es muß daher diejenige Ausdehnung der Netzhaut, welche 1''',0922 bis 1''',4916 nach innen von dem Centrum des gelben Fleckes liegt und eine Breite von 0''',3994 hat, für die Auffaſſung äußerer Bilder unempfindlich ſein.

Nach den genaueren Meſſungen, welche in §. 1039 angeführt worden und die Augen einer 50jährigen Frau und eines 30jährigen Mannes betrafen, glich die Entfernung des Mittelpunktes des Markhügels oder der Eintrittsſtelle des Sehnerven von dem hinteren Ende der Augenachſe 1''',5 bis 1''',6, alſo im Durchſchnitt 1''',55. Der Durchmeſſer des erſteren be-

trug 0‴,95 bis 1‴,2, mithin durchſchnittlich 1‴,075. Es ſtand daher die äußere Hälfte des Colliculus N. optici von dem Centrum des gelben Fleckes 1‴,55 — $\frac{1,075}{2}$ = 1‴,0125 bis 1‴,5 ab. In ſie muß alſo die oben erwähnte unempfindliche Stelle fallen. Sie nimmt aber nicht, wie ſich von ſelbſt ergiebt, die ganze Eintrittsſtelle des Sehnerven, ſondern nur $\frac{1''',55}{0''',3994}$ oder ungefähr ¼ derſelben ein. Gleicht aber die unempfindliche Netzhautſtelle 0‴,3994 oder ungefähr ⅖ Linie und erinnern wir uns, daß gerade an ihr die Arteria und Vena centralis retinae durchgeht und ſich unmittelbar darauf in drei oder mehrere Aeſte ſpaltet, ſo finden wir die Urſache des Verſchwindens der Geſichtsobjecte bei 13° bis 17°,5 äußeren Abſtandes von der Augenachſenverlängerung in dieſen undurchſichtigen Blutgefäßen, welche die Lichtſtrahlen von der eigentlichen Netzhaut oder ihren Durchbohrungslöchern abhalten. Es iſt daher nicht die geſammte Eintrittsſtelle des Sehnerven, wie noch in den meiſten phyſikaliſchen Lehrbüchern angegeben wird, ſondern nur ein aliquoter Theil derſelben und zwar derjenige, welcher von den undurchſichtigen ſtärkeren Gefäßſtämmen durchſetzt wird, für äußere Eindrücke blind.

Der Erſte, welcher dieſe intereſſante Erfahrung machte, war Mariotte (1683). Da er den Sitz des Sehens in der Choroidea ſuchte, ſo nahm er an, daß die Bilder dann verſchwinden, wenn ſie auf die von dem Sehnerven durchbohrte Stelle der Aderhaut des Auges auffallen. Allein ſchon die franzöſiſchen Akademiker jener Zeit bezogen die Erſcheinung auf die Gefäße, welche ſich an der Innenfläche der Netzhaut verbreiten. Daniel Bernoulli[1]) fand zuerſt durch Berechnung, daß der kleine Kreis der unempfindlichen Stelle der Netzhaut mit der Eintrittsſtelle des Sehnerven coincidire. In neuerer Zeit reducirten einzelne Forſcher, wie Rudolphi, Volkmann das Phänomen mit Recht auf die Arteria centralis retinae und nicht auf die ganze Eintrittsſtelle des Sehnerven.

Die Wahrheit dieſer Anſicht läßt ſich noch durch eine andere Modification des Verſuches erhärten. Man klebt ſich eine gefärbte Oblate von 2 Centimeter Durchmeſſer auf ein hinreichend großes ebenes Stück Pappendeckel und bezeichnet ſich das Centrum derſelben durch einen eingedrückten ſchwarzen Punkt, der noch hinreichend groß iſt, um aus einer gewiſſen Ferne deutlich erkannt zu werden. Nun befeſtigt man in einem horizontalen Abſtande von 13 Centimeter eine zweite Oblate, deren Rand geradlinigt abgeſchnitten iſt, nach außen von dieſer eine dritte und ſo fort, bis dieſe zuſammen eine Breite von 6,7 Centimeter haben. Endlich wird noch 3—4 Centimeter weiter nach außen eine iſolirte Oblate angebracht. Man fixirt alsdann den bezeichneten Centralpunkt der erſteren dergeſtalt, daß er in die Verlängerung der Augenachſe fällt und entfernt ſich ſo weit, daß zwar die äußerſte iſolirte Oblate, nicht aber die mittlere mehrfache Reihe derſelben geſehen wird. Der Verſuch gelingt am beſten, wenn dieſe nicht in einer Horizontallinie mit dem bezeichneten Mittelpunkte der erſten Oblate, ſondern etwas tiefer ſtehen. Um aber die Entfernung jenes Centrums vom Auge zu meſſen, dient entweder ein Maaßſtab, der gleichzeitig mit dem Bulbus mittelſt eines Fernrohres viſirt wird, oder einfacher ein Pendel, deſſen Länge man direct beſtimmt. Hierbei findet ſich, daß dieſer Abſtand kein ganz fixer iſt, ſondern in einer verhältnißmäßig geringen Längenausdehnung hingeht. Für mein linkes Auge ergaben ſich in dieſem Falle af Fig. 165 = 59 Centimeter = 261‴,54. Da nun nach §. 1012 fb = 5‴,29, ſo haben wir ab = 266‴,83. Es iſt aber der Vorausſetzung nach ac = 13 bis 19,7 Centimeter = 57‴,628 bis 87‴,330.

---

[1]) Commentarii Academiae scientiarum Imperialis Petropolitanae. Tomus. I. Petropoli, 1728. 4. p. 314—17.

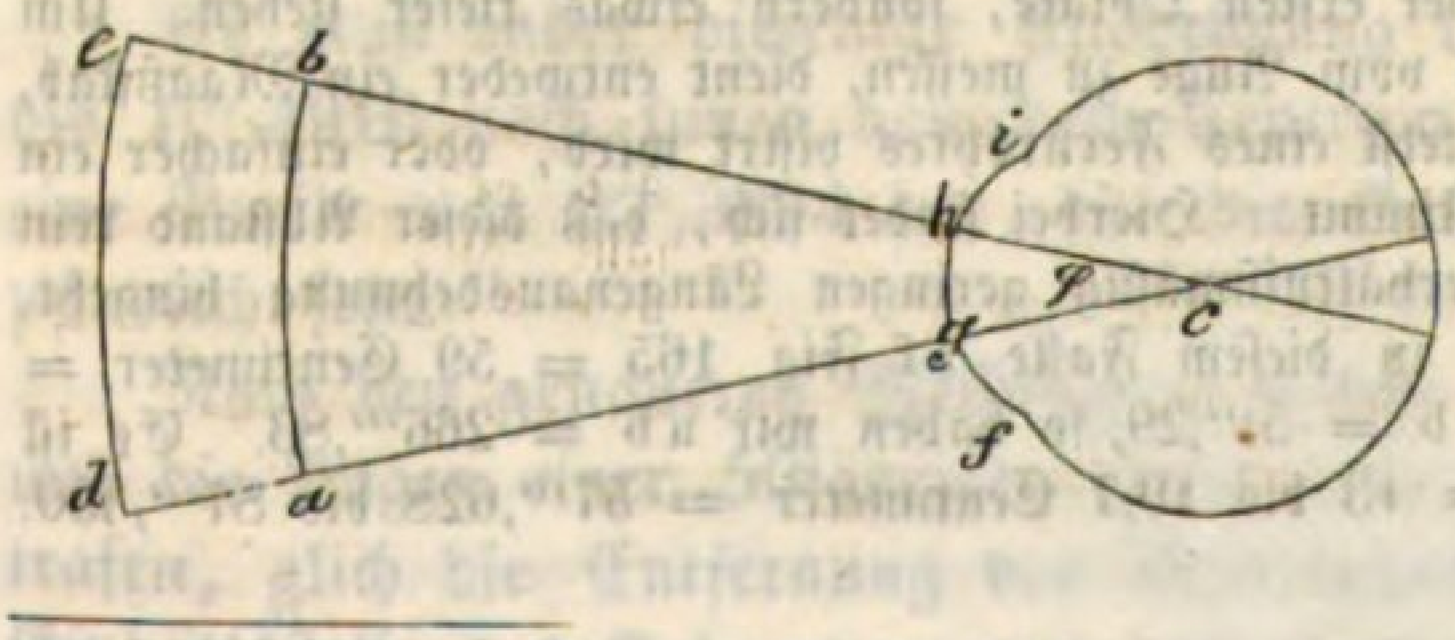
Da nun tang. $\varphi = \frac{ac}{ab}$, ſo erhalten wir φ = 12° 11′ 14″ bis 18° 7′ 21″. Für ef ergiebt ſich 1‴,0218 bis 1‴,5484. Die Breite der empfindungsloſen Netzhautſtelle betrüge hiernach 0‴,5266 oder ½ Linie. Man ſieht leicht, daß dieſer Verſuch, bei welchem 19,7 die Maximalbreite darſtellt, trotz ſeiner Rohheit noch Reſultate giebt, die mit den früheren befriedigend ſtimmen. Will man die Verhältniſſe allgemeiner ausdrücken, ſo läßt ſich behaupten, daß der Abſtand des direct geſehenen Punktes vom Auge $\frac{59}{13}$ = 4,54 bis $\frac{59}{19,7}$ = 3,03 ſo groß ſein muß, als die Diſtanz des erſteren von demjenigen Punkte, welcher aus dem indirecten Geſichtsfelde verſchwinden ſoll.

Umfaßte die Empfindungsloſigkeit die ganze Eintrittsſtelle des Sehnerven, ſo würde de Fig. 165 = 155 + 1‴,075 = 2‴,625 ſein. Es wäre mithin tang. $\varphi = \frac{2,625}{4,731}$ = 29° 1′ 26″. Man kann ſich aber an dem Geſichtskreisbogen leicht überzeugen, daß Nadeln, die nur in 20° oder 25° äußerer Diſtanz von der Verlängerung der Augenachſe aufgepflanzt ſind, ſehr gut indirect aufgefaßt werden. Iſt man auf dieſe Weiſe angewieſen, die Blutgefäße als die Urſache der Unempfindlichkeit jener Retinaſtelle anzuſehen, ſo bezieht ſich dieſe Thatſache zunächſt auf die Orte, an welchen ſie die Netzhaut durchbohren und vor der ſie dann 2/3‴ einnehmen.

1103 Indem jedes Auge mittelſt ſeiner geraden Muskeln die Fähigkeit hat, ſich horizontal, ſenkrecht und in beliebigen, ſchiefen Richtungen zu drehen, wird auch die Größe des deutlichen Sehens in einem entſprechenden Bogen herumgeführt, der ſich mit dem Radius der Entfernung vergrößert. Die Quantität dieſer Bewegung läßt ſich am leichteſten an dem in Fig. 164 abgebildeten Geſichtskreisbogen meſſen, indem man wieder den Drehpunkt des Auges mit dem Mittelpunkte des Apparates identificirt und dann ſieht, bis zu welchem Grade hin Nadeln bei der Fixation des Kopfes und Wälzung des Bulbus ſichtbar bleiben. Meine Augen ergaben in dieſer Hinſicht in horizontaler Direction 110° — 112°, in ſenkrechter dagegen nur ungefähr 100° — 103°. Das erſtere ſtimmt mit den Erfahrungen von Th. Young, welcher ebenfalls 110° für die Ausdehnung des Horopters eines bewegten Auges annimmt. Nach Purkinje[1]) dagegen würde dieſer Werth 150° bis 160° betragen. Hiervon kämen auf die Drehung nach innen 60°, auf die nach außen 90° — 100°. Dem letzteren entſprechend liegt auch die Pupille nicht genau in der Mitte der Iris, ſondern etwas weiter nach innen.

1104 Nach dieſen Thatſachen können wir wiederum leicht die Kreisbogen berechnen, die ein Auge bei ſeinen möglichen Bewegungen zu durchlaufen im Stande iſt. Denn geſetzt, ab und de ſeien die beiden Bogenſtücke, c der Drehpunkt des Auges, ca u. cd die entſprechenden Halbmeſſer, fghi der Durchſchnitt der Hornhaut und ga und gd die correſpondirenden Entfernungen von den-

Fig. 166.



[1]) S. Th. v. Sömmerring Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen des menſchlichen Körpers. Umgearb. u. beendigt von Huſchke. Leipzig, 1844. 8. S. 699.

ſelben, ſo finden wir, wenn wir den Winkel $acb = dce = \varphi$ und die Größe der Peripherie des Kreiſes $= p$ ſetzen, $360^\circ : \varphi = p : ab$, mithin $ab = p \cdot \frac{\varphi}{360}$. Da nun aber $p = 2 \cdot ac\pi$ oder $2\,dc \cdot \pi$ iſt, ſo erhalten wir $ab = 2\,ac\,\pi\,\frac{\varphi}{360}$ oder $\varphi = 2\,dc\,\pi\,\frac{\varphi}{360}$. Wir haben alſo hier $\frac{\pi\varphi}{180}$ als conſtanten Coefficienten.

Nehmen wir an, daß φ für die horizontale Drehung $= 110^\circ$, für die ſenkrechte dagegen 100° iſt, ſo erhalten wir für die Größe des Geſichtskreisbogens bei 4 Zoll und 4 Meilen Entfernung und 0′,03674 Abſtand der Hornhaut von dem Drehpunkte des Auges folgende Werthe:

In pariſer Fuß ausgedrückte Größe		
der Entfernung.	des Horopterbogens bei möglichſt ſtark bewegtem Auge in den Grenzen des deutlichen Sehens.	
	In horizontaler Richtung $\varphi = 110^\circ$.	In ſenkrechter Richtung $\varphi = 100^\circ$.
⅓	0′,7105 (= 8″,626)	0′,6459 (= 7″,751)
⅔	1′,3504	1′,2276
1	1′,9901	1′,8094
10	19′,266	17′,517
100	192′,03	174′,60
1000	1920′,3	1745′,4
12000	23043′	20944′
96000	184346′	167552′

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß dieſe Berechnungen nur unter der Vorausſetzung gelten, daß der Menſch, wenn er direct ſieht, ſeine Augenachſe in einem horizontalen Bogen von 110° und einem ſenkrechten von 100° zu wenden im Stande iſt. Da übrigens die Maxima dieſer Drehungen des Bulbus mehr als die Wendung des Kopfes anſtrengen, ſo laſſen wir die letztere im gewöhnlichen Leben in der Regel eher eintreten, als daß wir die möglichſte Kraftanſtrengung der Recti verſuchen.

Der Einfluß der Aufmerkſamkeit modificirt übrigens die Auffaſſung 1105
der Bilder, welche innerhalb des Geſichtskreiſes fallen, auf eine weſentliche Weiſe. In der Regel fixiren wir bei ſcharfem Sehen nur diejenigen Gegenſtände, deren Richtungsſtrahlen durch unſere Augenachſe gehen und auf die Mitte des gelben Fleckes und des Centralloches auffallen. Dieſe Stelle bildet daher den vorzugsweiſen Hebel der Geſichtseindrücke. Wir müſſen ſie uns jedoch nicht etwa als einen mathematiſchen Punkt, ſondern als einen ſehr kleinen Raum vorſtellen, ſo daß wir immer ſelbſt bei der aufmerkſamſten Betrachtung eine gewiſſe Fläche zugleich ſehen und daher complicirtere Bilder in demſelben Momente auffaſſen. Ein geſundes Auge percipirt z. B. leicht bei dem Leſen einer Schrift, welche 12 Zoll von der Hornhaut abſteht, ſo viel Lettern auf einmal, daß die Breite derſelben

2 Linien beträgt. Setzen wir nun den Abſtand des Kreuzungspunktes der Richtungslinien von der Hornhaut = 5‴,29 und den derſelben Stelle von der Mitte des gelben Fleckes = 4‴,731, ſo erhalten wir für dieſen Fall einen Geſichtswinkel von 0° 46′ 2″. Die Größe des entſprechenden Netzhautbildes gleicht $\frac{2 \times 4{,}731}{144 + 5{,}29} = 0''',06338$ oder ungefähr $1/_{16}$ der Peripherie des gelben Fleckes. Die in Thätigkeit geſetzte Stelle der Retina dehnt ſich mithin nur $1/_{32}$ Linie jederſeits von dem mathematiſchen Endpunkte der inneren Augenachſe aus. Auf ſolche Weiſe gewinnt unſer Geſichtsorgan an Schnelligkeit des Ueberblickes, ohne daß es an Deutlichkeit verliert.

1106 Welches Quantum von Bildern aber auf dieſe Art zur Anſchauung komme, hängt theils von der Beſchaffenheit derſelben, theils von dem Grade unſerer Aufmerkſamkeit ab. Sind jene zu zahlreich oder enthalten ſie zu mannichfache Details, ſo würde uns die ſimultane Aſſimilation Aller verwirren. Wir beſchränken uns daher lieber auf einzelne Punkte, die wir nach und nach unſerem Geiſte vorführen. Dieſes iſt auch die Urſache, weshalb wir bei dem gewöhnlichen aufmerkſamen Sehen kleiner feiner Gegenſtände nicht nur von den indirecten Bildern, ſondern auch von ſolchen, die ſelbſt auf den Sömmerring'ſchen Fleck und ſogar noch die Peripherie des Centralloches auffallen, abſtrahiren. Drängen ſich dann viele Einzelnheiten in einen kleinen Raum zuſammen, ſo ſchwankt nicht ſelten die Aufmerkſamkeit von Stelle zu Stelle. Auf dieſe Weiſe ruht dann unſer Blick bei dem Anſchauen einer Sternzeichnung, einer feinen Stickerei, einer Arabeske u. dgl. bald auf dem einen, bald auf dem andern Theile und taumelt gleichſam, indem das Bemühen einer möglich genauen Fixation mit der Nähe der einzelnen Bilder in Wettſtreit tritt. Wenn wir dagen weniger genau ſehen, ſo wird hierdurch eine größere Mannichfaltigkeit der gleichzeitigen Auffaſſung möglich. Dieſe Bedingung findet am leichteſten bei dem gedankenloſen Blicke, vorzüglich in die Ferne, ihre Erfüllung. Daher dann auch die Ausdehnung unſeres directen Horopters größer als unter den zuerſt genannten Verhältniſſen erſcheint. Ein Schritt weiter und ein tiefes Denken beſchäftigt uns dergeſtalt, daß wir weder directe, noch indirecte Bilder beſtimmt auffaſſen und mit offenen Augen möglichſt wenig wahrnehmen.

1107 Das Verſchwinden der ſeitlich von dem hinteren Endpunkte der Augenachſe auffallenden Bilder wird aber auch durch die Intenſität des Eindruckes, welchen ſie hervorrufen, beſtimmt werden. Legen wir z. B. kleine Stückchen farbigen Papiers auf ein weißes Blatt dergeſtalt auf, daß das eine in der Mitte, die übrigen in einem Kreiſe liegen, und fixiren das centrale anhaltend, ſo werden die peripheriſchen nach und nach undeutlicher und ſchwinden endlich momentan gänzlich aus dem Geſichtskreiſe, nachdem ſich vorher eine Art von Nebelwallen erzeugt hat. Dieſes letztere dauert noch fort, wenn man ſelbſt dann die Papierſtückchen hinwegbläſt [1]). Allein das Phänomen tritt bei gelber Färbung der betrachteten

[1]) J. Purkinje Beobachtungen und Versuche zur Physiologie des Sehens. Bd. I. Prag, 1819. 8. S. 76 – 78.

Gegenſtände früher als bei ſchwarzen ein, weil dann der Contraſt gegen den weißen Hintergrund größer iſt [1]).

Iſt unſere Aufmerkſamkeit nicht zu ſehr auf diejenigen Objecte, 1108
welche in der Verlängerung unſerer Augenachſe liegen, gefeſſelt, ſo nehmen wir nicht ſelten indirecte Bilder wahr. Allein die Unbeſtimmtheit, unter welcher ſie uns erſcheinen, führt uns häufig zu irrigen, phantaſtiſchen Deutungen. Solche Täuſchungen kommen am leichteſten zu Stande, wenn ſich das indirect aufgefaßte Object bewegt. Auf dieſe Weiſe halten wir z. B. eine Fliege, die, während wir leſen, ſeitlich vorbeiſchwebt, für eine Maus, welche am Fußboden läuft.

Durch angeſtrengte Aufmerkſamkeit laſſen ſich ſeitlich von der Augen- 1109
achſe auffallende Bilder, je nach der Größe ihrer Entfernung von derſelben mit einem verſchiedenen Grade von Deutlichkeit klar auffaſſen. Wir bemühen uns z. B. zu dieſem Ziele zu gelangen, wenn wir ſcheinbar gerade vor uns ſehend, ſeitliche Gegenſtände zu belauſchen ſuchen. Einzelne Menſchen erlangen hierbei durch Uebung einen ſolchen Grad von Fertigkeit, daß ſie noch ein ſchon ziemlich indirectes Sehen überraſchend gut aufzufaſſen im Stande ſind.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß ſich mechaniſche oder organiſche Hinderniſſe, welche die empfindenden Theile der Netzhaut treffen, in dem Geſichtsfelde des Menſchen zu erkennen geben werden. Nehmen wir z. B. an, ein Venenſtämmchen in dem unteren und linken Quadranten der indirecten Auffaſſungsorte der Retina ſei dergeſtalt varicös, daß es die Netzhaut in irgend einer Ausdehnung den Lichtſtrahlen unzugänglich macht, ſo werden Bilder, welche auf entſprechende Weiſe in den oberen und rechten Quadranten der Geſichtsfläche fallen, unſichtbar ſein. Denſelben Erfolg müſſen Ausſchwitzungen, wie ſie nach Entzündungen der Choroidea, bei unvollſtändigem Glaucom vorkommen, haben. Aus dieſem Grunde beſitzt auch die Gegend des gelben Fleckes, wenn man einige mittlere Stämmchen ausnimmt, faſt gar keine größeren Blutgefäße. Iſt die eine Hälfte der Macula lutea und ihrer Umgebung aus irgend einer Urſache gelähmt, ſo fällt die entgegengeſetzte Parthie des Geſichtskreiſes aus. Der Menſch ſieht nur die Hälfte der früheren Ausdehnung. Es entſteht eine ſogenannte Amaurosis dimidiata. Hierbei braucht natürlich die Paralyſe nicht die ganze halbe Netzhaut, ſondern nur den wichtigſten aliquoten Theil, welcher in der Nachbarſchaft des Centralloches liegt, zu umfaſſen, weil der größte Theil der Retina bei dem Sehen gar nicht in Anſpruch genommen wird.

Das Bild der Gegenſtände, welches auf die Netzhaut fällt, iſt aus 1110
dioptriſchen Urſachen (§. 1040) in jeder Beziehung umgekehrt, d. h. ein oberer Punkt deſſelben erſcheint unten und ein linker rechts. Da wir nun in der Wirklichkeit keinen Widerſpruch der Art wahrnehmen, vielmehr die einzelnen Theile der Gegenſtände an denſelben Orten, an denen wir ſie durch das Gefühl percipiren, erblicken, ſo muß jenes dioptriſche Verhältniß durch ein phyſiologiſches corrigirt und aufgehoben werden. Es entſteht auf dieſe Art die Frage, warum wir die Objekte trotz der Umkehrung ihrer Bilder auf der Retina **aufrecht ſehen** und mit ihren wahren, nicht aber ihren entgegengeſetzten Seitenbeziehungen durch unſer Auge empfinden.

Die Beantwortung dieſes Problemes iſt auf verſchiedene Weiſe ver- 1111
ſucht worden. 1) Man nahm an, daß wir die Dinge allerdings verkehrt

[1]) Joh. Müller Physiologie. Bd. II. S. 370.

erblicken, daß aber dieſe Täuſchung deshalb nicht zum Bewußtſein komme, weil ſie ſich eben über alle ſichtbaren Gegenſtände ausdehne. Wir erfahren ſie ſo wenig, als die Umdrehung der Erde, bei welcher wir ſelbſt und alle uns umgebenden Objecte gleichförmig fortbewegt werden. Obgleich dieſe Anſicht bis auf die neueſte Zeit vertheidigt worden [1]), ſo ergiebt ſich doch leicht, daß ſie unmöglich richtig ſein kann. Soll nämlich keine Verwirrung entſtehen, ſo müſſen auch die anderen Sinne analoge, d. h. umgekehrte Anſchauungen liefern. Abgeſehen nun von den in dieſer Beziehung minder definitiven Mittheilungen des Gehörorganes findet etwas der Art bei dem Taſtgefühle nie Statt. Unſer Finger erhält auch einen oberen oder unteren Eindruck von einem Punkte, der in unſeren Geſichtseindrücken oben oder unten erſcheint. Höchſtens entſteht eine ſeitliche Umkehrung, wenn wir uns bei der Beſtimmung ſeiner und unſerer Richtung in die entgegengeſetzten Lagen der beiden in Contact kommenden Vorderflächen verſetzen.

2) Andere, welche ebenfalls die Wahrheit des Principes des Verkehrtſehens zugeben, ſuchen die Correction in den Muskeln, die den Augapfel bewegen. Hiernach nehmen wir allerdings einen oberen Gegenſtand unten wahr. Allein da wir den Rectus superior und nicht den inferior zuſammenziehen müſſen, um einen noch höheren Punkt zu erblicken, ſo verbeſſern wir auf dieſe Art allmälig den Fehler, welcher urſprünglich durch unſer Geſichtsorgan bedingt wird, durch Erziehung und Uebung [2]). Hiernach wäre erſt das Aufrechtſehen nach und nach zu lernen, wie wir dieſes in der Folge in Betreff der Schätzung der Entfernungen finden werden. Während ſich aber allerdings von dem letzteren deutliche Spuren bei dem Kinde vorfinden, exiſtirt auch nicht eine einzige Thatſache, die nur im entfernteſten vermuthen ließe, daß je ein Säugling verkehrt ſehe. Dieſes müßte auch bei Perſonen, welche von Geburt erblindet, ſpäter operirt worden, bei Blödſinnigen, Kretins u. dgl. mehr oder minder eintreten; was aber allen ſicheren und vorurtheilsfreien Erfahrungen nach nie der Fall iſt. Ueberhaupt widerſpricht die ganze Vorausſetzung, daß die Natur eine ſolche Unvollkommenheit wie das Verkehrtſehen in unſerem Körper gelaſſen habe, den vielfachen anderen unendlich weiſen Anordnungen derſelben, welche noch viel größere Schwierigkeiten überwinden.

3) Indem man die Netzhaut als eine Kugel betrachtet, wird angenommen, daß jeder Punkt des Retinabildes in einer Richtung geſehen wird, welche auf der durch jenen Ort gelegten Tangente ſenkrecht iſt. Dieſe Perpendikel müſſen ſich daher, wie ſchon §. 1047 erwähnt worden, in dem Drehpunkte des Auges ſchneiden und mithin in ihrer Verlängerung außerhalb des Auges nach der entgegengeſetzten Seite von der, an wel-

---

[1]) Siehe z. B. J. F. W. Herſchel vom Licht. Aus dem Engliſchen überſetzt von J. C. E. Schmidt. Stuttgart und Tübingen, 1831. 8. S. 159. Joh. Müller's Physiologie. Bd. II. S. 357. 58.

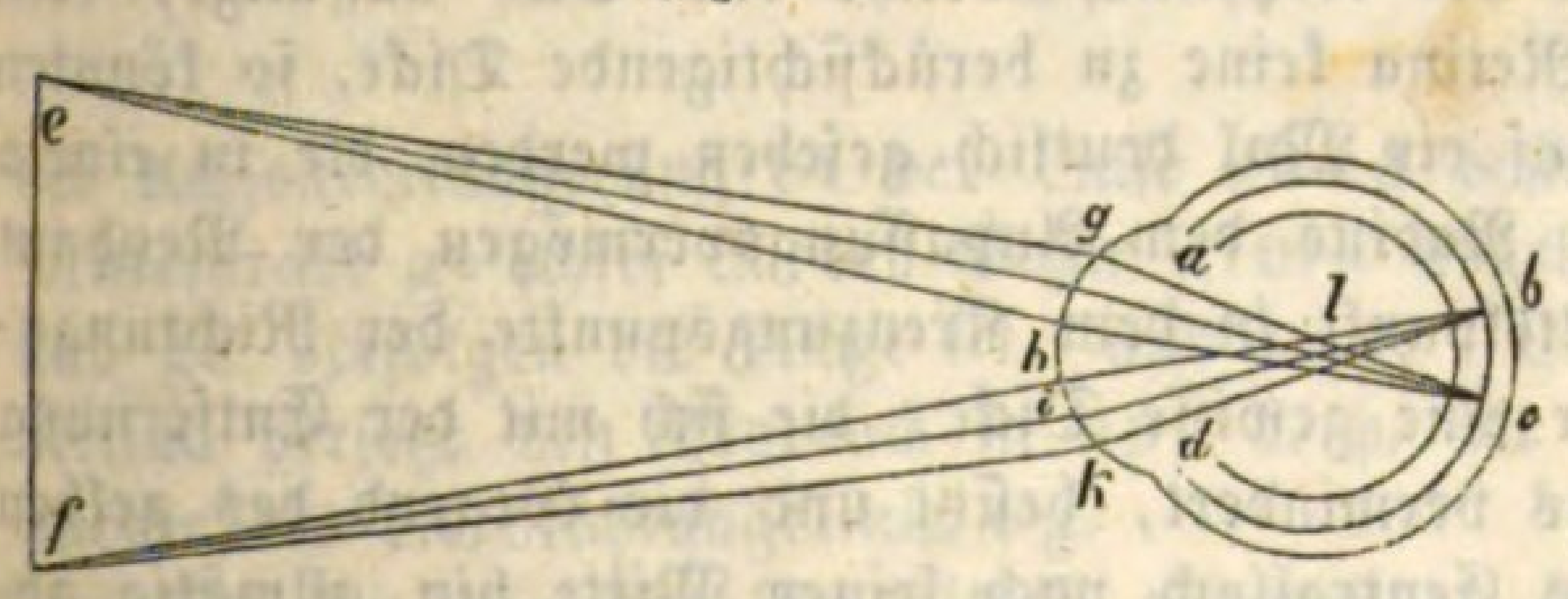
[2]) J. H. Steinbuch Beitrag zur Physiologie der Sinne. Nürnberg, 1811. 8. S. 154 A. A. Berthold über das Aufrechtsehen der Gesichtsobjecte. Göttingen, 1830. 8.

cher ſie von der Netzhaut ausgegangen, liegen [1]). Gegen dieſe Auffaſſung der Sache läßt ſich zunächſt einwenden, daß man die Gründe des Axiomes, daß die Geſichtsrichtung auf der Tangente des Berührungspunktes der Netzhaut ſenkrecht ſtehe, nicht einſieht und daher etwas Unbekanntes durch ein anderes Unbekanntes erklärt. Ueberdies wird ſich ſpäter ergeben, daß ein ſolches Theorem nur für das einfache Sehen, nicht aber für das durch iſolirte Zerſtreuungskreiſe richtig iſt.

4) Man ſtellt ſich vor, daß eine abermalige Umkehrung des Bildes mittelſt der Anordnung der Nervenfaſern der Retina oder des Gehirns Statt findet und auf dieſe Art reell aufrecht geſehen, obgleich unmittelbar umgekehrt aufgefaßt wird. Eine ſolche Hypotheſe könnte wahr ſein. Allein bis jetzt fehlen alle ſicheren anatomiſchen Belege dafür. Bedenkt man aber, daß es wohl nie möglich ſein wird, den ſpeciellen Gang der einzelnen mikroſkopiſchen Primitivfaſern genau genug von der Netzhaut bis zu ihren centralen Anfängen im Gehirne zu verfolgen, ſo muß man zugeben, daß gerade dieſe Vorſtellung der Natur der Sache nach für immer einer definitiven Kritik entgehen wird. Endlich

5) ſetzt man voraus, daß man in derſelben Richtung aus dem Auge herausſieht, in welcher die Strahlen hineinkommen oder richtiger geſagt, in der ſie in die Netzhaut eindringen. Der letztere Punkt iſt von weſentlicher Bedeutung. Denn oft genug weichen dieſe Geſichtslinien von den Richtungslinien der Lichtſtrahlen bedeutend ab. Um uns aber dieſe Hypotheſe anſchaulicher zu machen, wollen wir uns den Proceß des Sehens ſpecieller verſinnlichen. Unſere Netzhaut läßt, wie jeder transparente Körper, ein Quantum von Lichtſtrahlen durch ſich hindurch. Dieſe müſſen in ſie eindringen, weil die den Reiz fortleitenden Theile der Retina erſt in der Tiefe ihrer Subſtanz liegen. Nehmen wir nun der Ueberſichtlichkeit wegen eine einfache Brechung im Auge an, ſo wird ein Kegel von Lichtſtrahlen egh von dem leuchtenden Punkte e ausſtrömen, bei gh ſeine Brechung erleiden und, ſobald er deutlich wahrgenommen werden ſoll, in den entgegengeſetzt gerichteten Conus gch übergehen, deſſen Spitze c in das Innere der Netzhaut fällt. Für den Punkt f wird in Betreff fik und ibk das Gleiche Statt finden. Beiderlei Lichtkegel müſſen ſich aber in dem Punkt l, welcher, wenn man ſie ſich unendlich dünn vorſtellt, mit dem Kreuzungspunkte der Richtungslinien zuſammenfällt, durchſchneiden. Iſt nun die Retina, wie wir uns denken müſſen und zum Theil vorzu-

Fig. 167.



[1]) Bartels Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Berlin, 1834. 4. D. Brewſter Populäres vollſtändiges Handbuch der Optik. Ueberſetzt von Hartmann. Leipzig und Quedlinburg, 1835. 8. S. 79. 80.

ſtellen genöthigt ſind, ſo beſchaffen, daß die ſie treffenden Lichtwellen in ihr entſprechende Nervenätherſchwingungen erzeugen, ſo werden dieſe nothwendig nicht bloß von der Zahl, ſondern auch von der Richtung der Lichtſtrahlen, welche die Kegel gch und ibk darbieten, beſtimmt werden. Bedenken wir aber, daß die Wahrnehmung darin beſteht, daß wir die Empfindung von unſerer Netzhaut oder unſerem Gehirn aus nach außen verſetzen, ſo muß dann die Perception von b, indem bei l eine Durchkreuzung Statt findet, nach unten, die von c nach oben geführt werden. Das umgekehrte Bild wird daher dadurch aufgehoben, daß die Retina zugleich von der Richtung der einſtrömenden Lichtwellen afficirt wird und den Eindruck demgemäß in einer mittleren entſprechenden Direction nach außen leitet.

1112 Die ſubjectiven Geſichtserſcheinungen unterſtützen dieſe Vorausſetzungen. Drücken wir die Sclerotica und mithin auch die Retina an ihrer äußeren Hälfte, ſo ſehen wir die Feuererſcheinung, welche dadurch entſteht, nach innen auftreten. Bei dem Drucke von unten erfolgt ſie oben, von rechts links und umgekehrt. In gleicher Weiſe verſchieben ſich die äußeren ſichtbaren Gegenſtände, ſobald eine einſeitige Preſſion auf den Bulbus ausgeübt wird.

Eine andere Beobachtung, die man zum Theil als einen Beweis für das wahre Verkehrtſehen anführte, gehört nicht hierher. Drückt man nämlich den Bulbus und mithin auch die Netzhaut, während man gleichzeitig einen vorgehaltenen Finger betrachtet, ſo ſieht man zwei Bilder, die an entgegengeſetzten Seiten liegen [1]). Verfolgt man das Phänomen ſpecieller, ſo bemerkt man, daß der Ort des Scheinbildes von der Nähe oder Ferne des Gegenſtandes abhängt. Liegt dieſer bei einem kurzſichtigen Auge zu nahe, ſo zeigt ſich das Trugbild an derjenigen Seite des Objectes, an welcher der Druck Statt findet. Es ſtellt ſich dagegen bei größerer Entfernung des Gegenſtandes an der entgegengeſetzten Seite dar. Dieſer Verſuch wird ſpäter durch die Betrachtung des Doppelſehens mit einem Auge ſeine Erläuterung finden. Wir werden dann finden, daß er auf dioptriſchen Verhältniſſen, nicht aber auf Eigenthümlichkeiten der Auffaſſung beruht.

1113 Wäre die Oberfläche der Netzhaut, welche das Bild auffängt, rein ſphäriſch, und hätte die Retina keine zu berückſichtigende Dicke, ſo könnten nur ſolche Gegenſtände auf ein Mal deutlich geſehen werden, die in einem Kreisbogen lägen, deſſen Radius dem Anpaſſungsvermögen der Netzhaut entſpricht und deſſen Mittelpunkt in dem Kreuzungspunkte der Richtungslinien liegt. Da ſie aber eine gewiſſe Dicke, die ſich mit der Entfernung von der Augenachſe etwas vermindert, beſitzt und die Gegend des gelben Fleckes, insbeſondere das Centralloch nach ſeiner Mitte hin allmälig abfällt, ſo erlangt hierdurch der Bezirk des Sehens, vorzüglich aber der deutlichen Auffaſſung eine größere Vollſtändigkeit in die Tiefe, als unſere optiſchen Apparate, welche mehr auf lineare Flächenausdehnungen beſchränkt ſind, geſtatten. Es wird auf dieſe Weiſe eine körperliche oder perſpectiviſchere Anſchauung möglich.

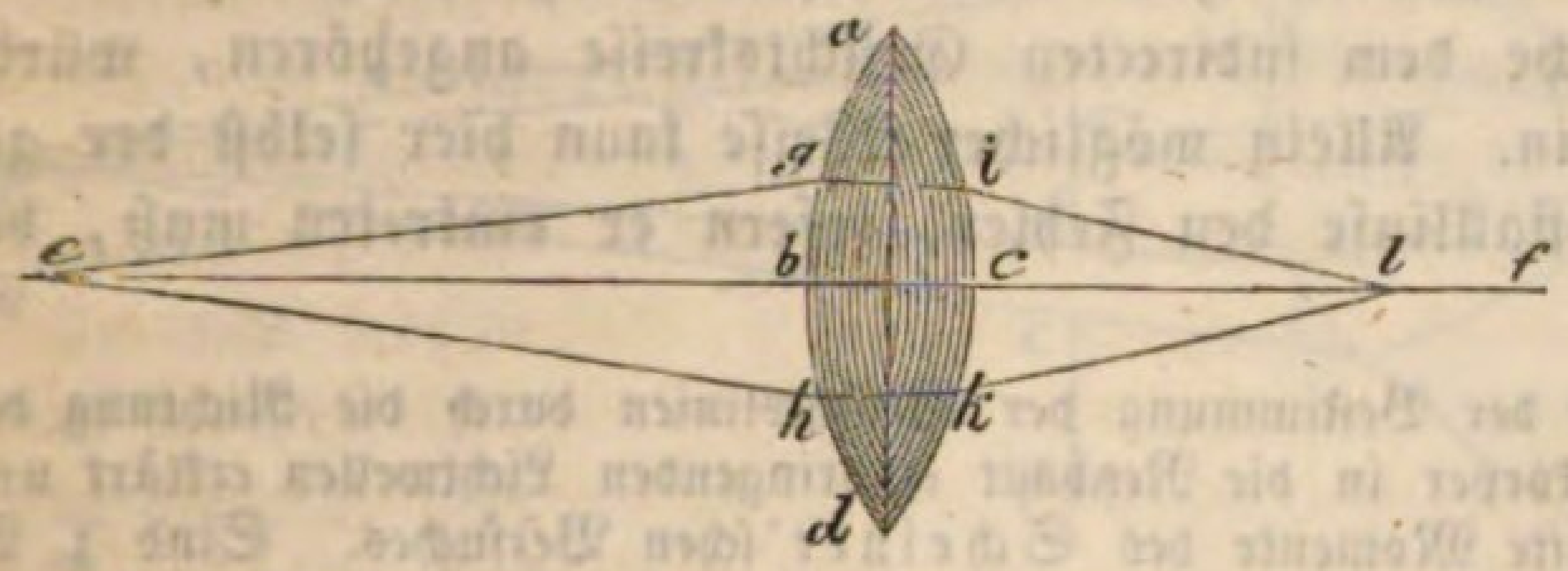
1114 Bezeichnen wir die Verbindungslinie des Ortes der Sichtbarkeit eines leuchtenden Punktes mit dem Netzhautbilde deſſelben mit dem Namen der **Geſichtslinie** oder der **Sehlinie**, während wir die von ſeiner reellen Stelle nach dem

---

[1]) Joh. Müller's Physiologie. Bd. II. S. 358.

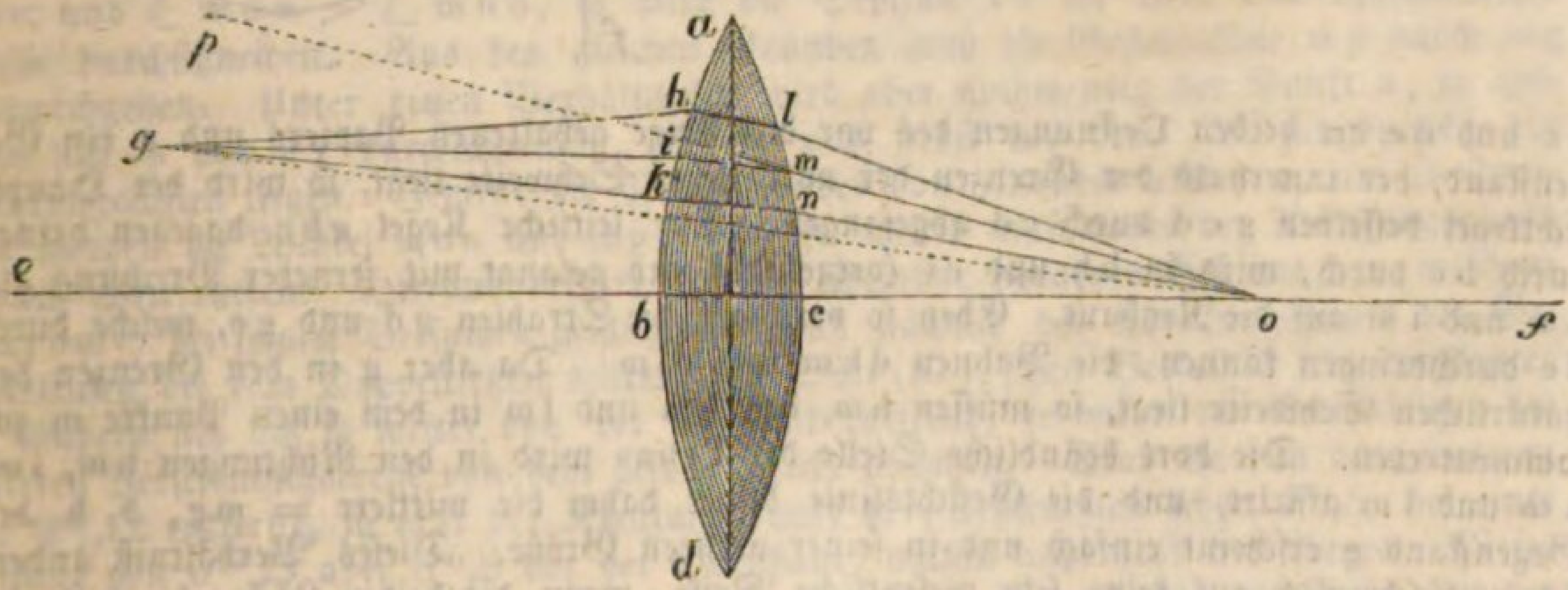
Retinabilde gezogenen Grade, wie wir dieſes bisher gethan, als Richtungslinie anführen, ſo läßt ſich leicht zeigen, daß beide nur unter gewiſſen Bedingungen zuſammenfallen, nicht aber in allen Fällen identiſch ſein können. Denn

Fig. 168.



denken wir uns, alle Refractionszuſtände des Auges ſeien in der Linſe abdc concentrirt und ef bilde ihre Achſenverlängerung, ſo wird ein leuchtender Punkt e den Lichtconus egh ausſenden. Der mittlere Strahl deſſelben eb geht ungebrochen in bcl durch. Dagegen verfolgt der äußerſte eg die Bahn gil und eh die von hkl. Die Retina wird daher in den Richtungen il und kl afficirt, und die Geſichtslinie reſultirt deshalb als die Diagonale lcbe, d. h. e wird an ſeinem wahren Orte geſehen. Wenn ſich aber der leuchtende Punkt g außerhalb

Fig. 169.



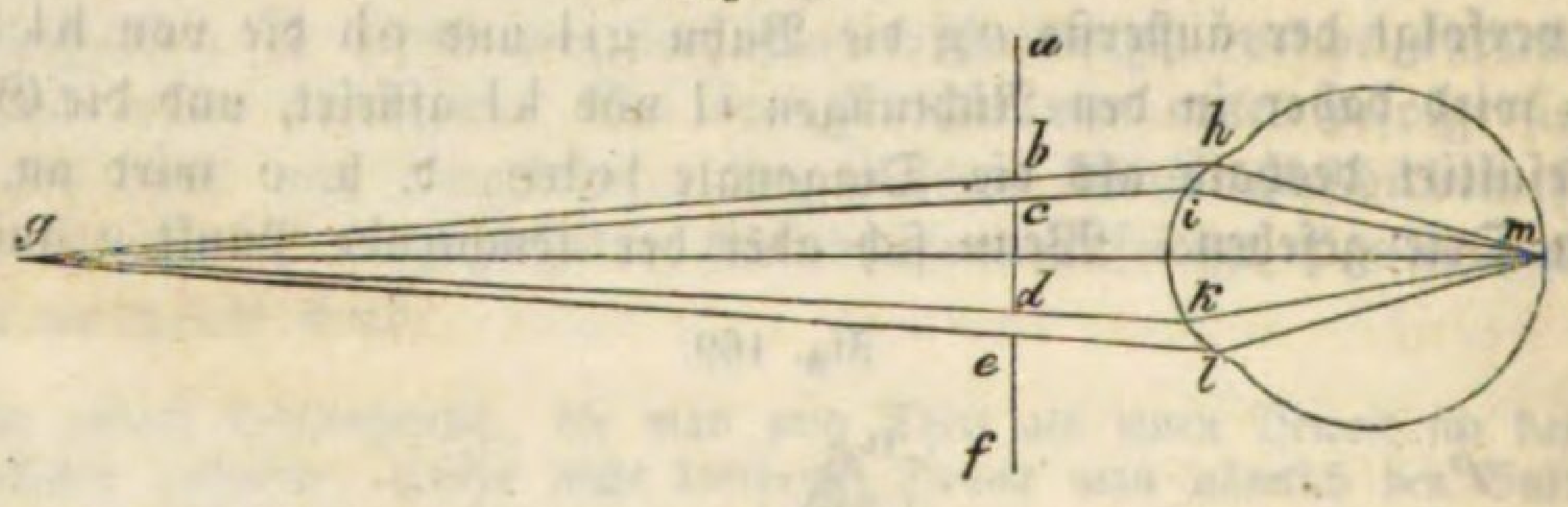
der Achſenverlängerung ef der Linſe abcd befindet, ſo wird ſchon ſein Mittelſtrahl gi ſchief in der Bahn gimo abgelenkt. Die äußerſten gh und gk verfolgen die Wege hlo und kno. Die in lo und no afficirte Retina verſetzt den Eindruck in op, d. h. die Geſichtslinie op iſt eine andere als die Richtungslinie og.

Drücken wir das Verhältniß allgemeiner aus, ſo werden die Sehlinie und die Richtungslinie nur dann zuſammenfallen, wenn die Strahlen Achſenſtrahlen oder centrale Strahlen ſind, ſonſt dagegen nicht identiſch ſein können, ſondern im Gegentheil um ſo mehr auseinander treten, je mehr die einfallenden Lichtwellen die Natur der Randſtrahlen annehmen. Nun haben wir früher geſehen, daß wir bei jeder einfachen ſphäriſchen Linſe, die eine Oeffnung von 10° bis 12°, ja ſelbſt 15° hat, alle eintretenden Strahlen ohne weſentlichen Irrthum als Achſenſtrahlen anſehen können. Bei polyzonalen Linien mit geeigneten Krümmungsverhältniſſen ſteigert ſich die Möglichkeit der Oeffnungsgröße auf 40°. Es entſprach aber die Ausdehnung des gelben Fleckes einem Winkel von nahe an 6°.

Nach dieſen Thatſachen leidet es keinen Zweifel, daß unſere Geſichtslinien mit den Richtungslinien in dem Bezirke des deutlichen Sehens zuſammenfallen müſſen und wir auch die einzelnen leuchtenden Punkte aller Gegenſtände, die wir direct auffaſſen, an ihrem Orte wahrnehmen, d. h. daß uns die Objecte ſelbſt dann in ihrer natürlichen Größe erſcheinen. Bei Bildern dagegen, welche dem indirecten Geſichtskreiſe angehören, würde dieſes nicht der Fall ſein. Allein möglicher Weiſe kann hier ſelbſt der geſchichtete Bau der Kryſtalllinſe den Fehler, ſofern er eintreten muß, bedeutend verkleinern.

Dieſe Auffaſſungsweiſe der Beſtimmung der Geſichtslinien durch die Richtung der unmittelbar aus dem Glaskörper in die Netzhaut eindringenden Lichtwellen erklärt uns auch manche ſonſt räthſelhafte Momente des Scheiner'ſchen Verſuches. Sind z. B.

Fig. 170.



bc und de die beiden Oeffnungen des vor das Auge gehaltenen Papiers und g ein Gegenſtand, der innerhalb der Grenzen der natürlichen Sehweite liegt, ſo wird der Hauptlichtkegel deſſelben gcd durch cd abgefangen. Der ſeitliche Kegel gbc dagegen dringt durch bc durch, wird in bh und ci fortgeführt und gelangt mit fernerer Brechung als hm und im auf die Netzhaut. Eben ſo verfolgen die Strahlen gd und ge, welche durch de durchdringen können, die Bahnen dkm und elm. Da aber g in den Grenzen der natürlichen Sehweite liegt, ſo müſſen hm, im, km und lm in dem einen Punkte m zuſammentreten. Die dort befindliche Stelle der Retina wird in den Richtungen hm, im, km und lm afficirt, und die Geſichtslinie bildet daher die mittlere = mg, d. h. der Gegenſtand g erſcheint einfach und in ſeiner wahren Größe. Dieſes Verhältniß ändert ſich wahrſcheinlich auf keine ſehr weſentliche Weiſe, wenn die beiden Löcher bc und de aſymmetriſch von der Achſenverlängerung gm abſtehen, ſo daß auch die Strahlenkegel hmi und kml aſymmetriſch werden, weil ſie ihren Charakter als Achſenſtrahlen wegen der Kleinheit der Pupille und der Oeffnungen des Papiers beibehalten.

Befindet ſich dagegen das Object außerhalb, z. B. dieſſeits der Sehweite, ſo daß ſich ſeine Strahlen ga und gb in dem Innern des Auges vor der Netzhaut bei e durchſetzen, ſpäter dagegen in eh, ec, ek und el von neuem aus einander fahren, ſo empfängt die Retina mn den Zerſtreuungskreis hikl. Ueberſchreitet nicht die Ausdehnung deſſelben jede Möglichkeit der Auffaſſung, ſo wird die Geſichtslinie des Punktes h die Verlängerung von he, nämlich hc und die von le die Linie ld ſein. Der Gegenſtand erſcheint daher matter, aber vergrößert. Wird dagegen das doppelt durchlöcherte Papier abcdef bei

Fig. 171.

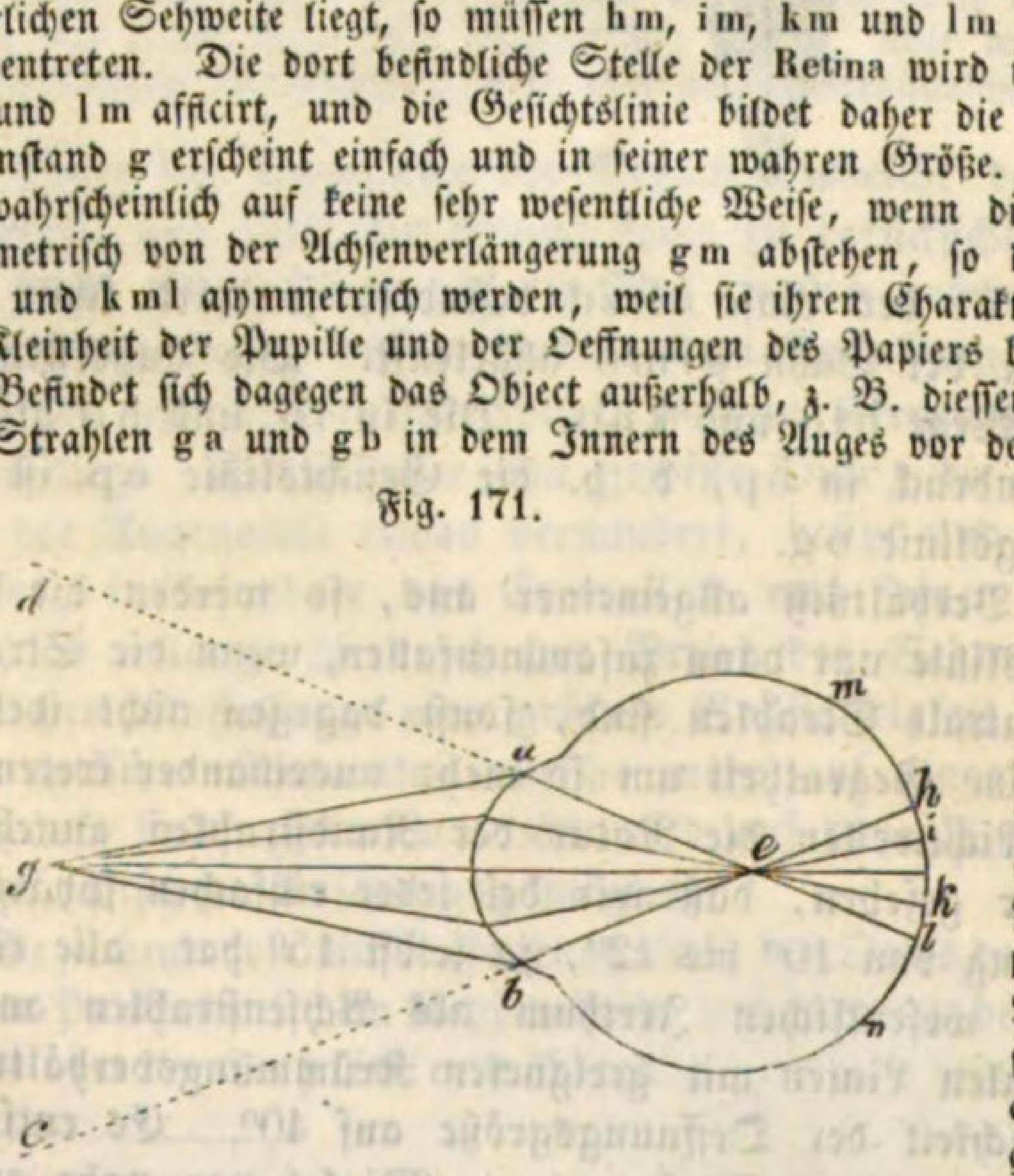
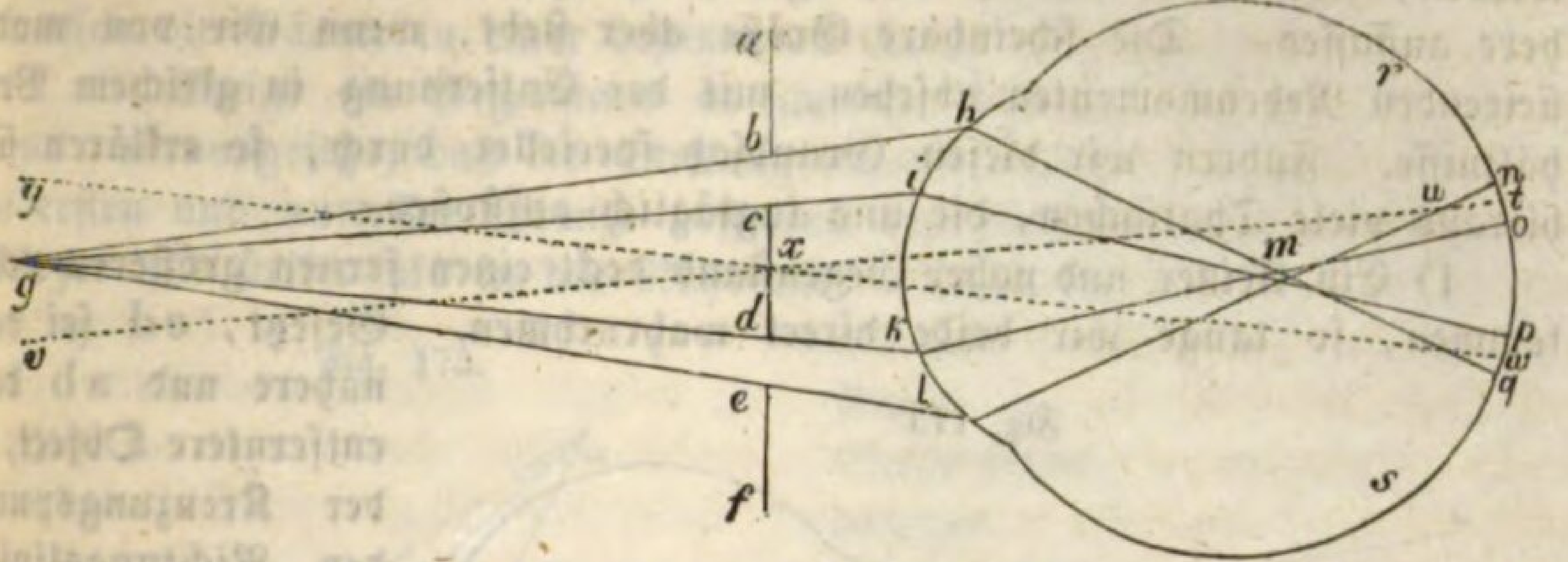


Fig. 172.



dem Scheiner'ſchen Verſuche vorgeſchoben, ſo wird durch c d der Strahlenkegel g c d und mithin auch der Theil m o p des Zerſtreuungskreiſes m n q abgefangen. Es kommen die beiden iſolirten Zerſtreuungskreiſe n o und p q zum Vorſchein und bedingen, ſobald ſie überhaupt die zur Auffaſſung nöthige Stärke beſitzen, einen doppelten Eindruck. Nun wird die Retina bei o in der Richtung m o und unter dem Winkel m o n, bei n unter m n o afficirt. Die Geſichtslinie muß daher in der Mitte von n o und in einem Winkel, der $= \frac{mno + mon}{2}$ iſt, dahin gehen. Da nun aber m o n ein ſtumpfwinkeliges Dreieck bildet und $\angle mon > \angle mno$, ſo wird die Sehlinie t v die Linie n m nothwendiger Weiſe durchſchneiden. Aus den gleichen Gründen muß die Geſichtslinie w y durch m q hindurchgehen. Unter dieſen Verhältniſſen wird aber nothwendig der Punkt x, in welchem ſich t v und u y durchſchneiden, vor m und ſelbſt vor dem Kreuzungspunkte der Richtungslinien liegen. Jemehr die Netzhautbilder von einander abſtehen, um ſo ſtumpfer werden die Winkel m o n und m p q, um ſo weiter muß daher der Kreuzungspunkt x nach vorn rücken. Hieraus erklärt ſich das ſcheinbar paradoxe Reſultat, zu welchem Burow [1]) bei ſeinen Verſuchen gelangt iſt, daß nämlich der Kreuzungspunkt der Geſichtslinien bei dem Doppeltſehen mittelſt des Scheiner'ſchen Verſuches kein conſtanter iſt, ſondern ſich um ſo weiter von der Netzhaut entfernt, je mehr die Retinabilder der iſolirten Zerſtreuungskreiſe von dem gelben Flecke abſtehen. Sind ſie von dem letzteren nur 0''',12 entfernt, ſo fällt der Kreuzungspunkt der Sehſtrahlen ſchon 1''',5, bei einer Diſtanz von 0''',25 aber 8''',8 vor der Hornhaut, mithin außerhalb des Auges. Dieſes intereſſante Phänomen giebt uns auf ſolche Art einen Beweis für die Richtigkeit der Anſicht, daß die Geſichtslinien durch die Eintrittsneigungen der Lichtſtrahlen aus dem Glaskörper in die Netzhaut beſtimmt werden.

Die Vorſtellungen, die man ſich von den Geſichtslinien machte, haben bis auf die neueſte Zeit verſchiedene Schickſale erlitten. Indem man unrichtiger Weiſe die Richtungslinien für alle Fälle mit den Sehlinien identificirte, ſtieß man natürlich bei den ſämmtlichen Phänomenen, welche Randſtrahlen oder Zerſtreuungskreiſe betrafen, auf Widerſprüche und verwarf gleichſam in der Verzweiflung die Exiſtenz der Geſichtslinien überhaupt, indem man den Eindruck des Geſehenen von der Muskelwirkung der Augenmuskeln abhängig zu machen ſuchte [2]). Man ſieht aber leicht, daß eine richtige Auffaſſung des Grundes der Geſichtslinien als der Einſtrömung der Lichtwellen in die Netzhaut nicht nur das Aufrechtſehen und die verſchiedenen Arten des Sehens innerhalb und außerhalb der Grenzen der Sehweite befriedigend erläutert, ſondern das Ganze auf beſtimmte Geſetze zurückführt und nicht bloß der Zufälligkeit der individuellen Deutung anheimſtellt.

Für die Beurtheilung der Größe der geſehenen Gegenſtände bildet der Geſichtswinkel den nächſten und wichtigſten Factor. Wir haben 1115

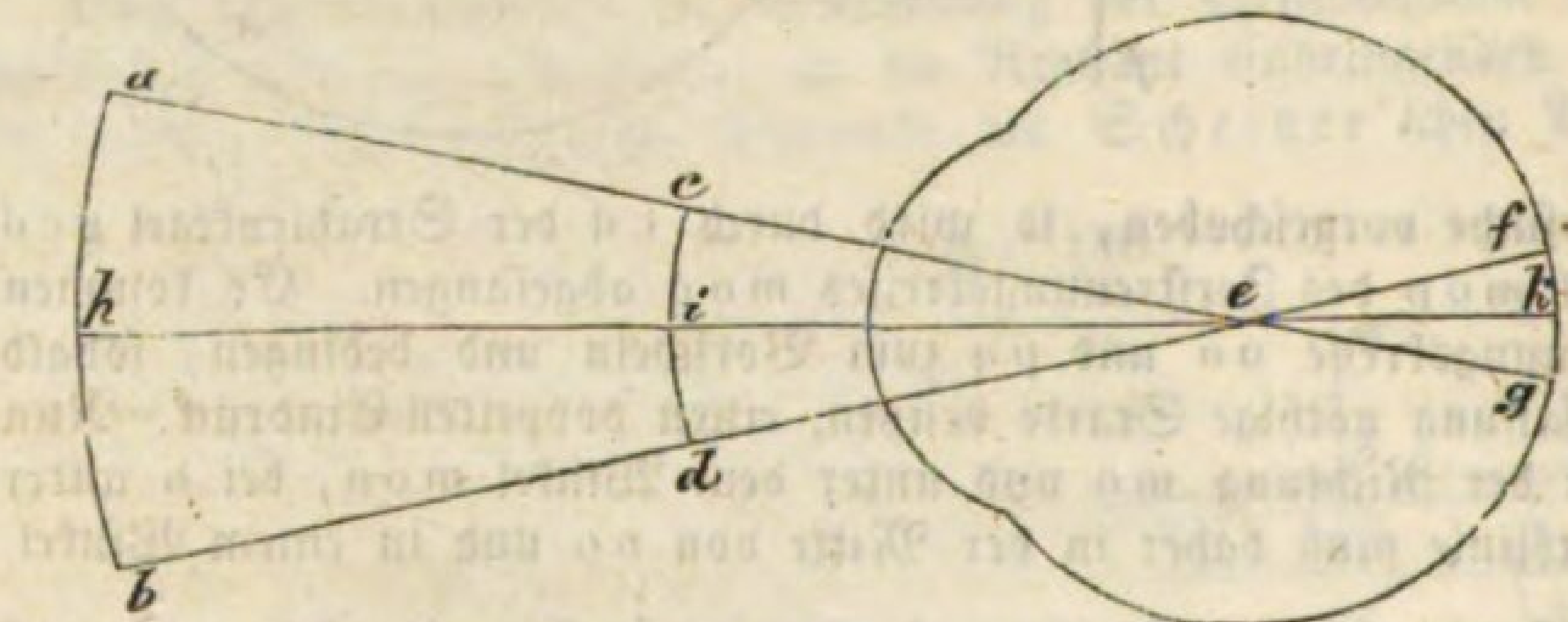
[1]) A. Burow Beiträge zur Physiologie und Physik des menschlichen Auges. Berlin, 1842. 8. S. 84—93.

[2]) Volkmann in Müller's Archiv, 1843. S 2.

ſchon früher gefunden, daß entferntere Objecte deshalb kleiner geſehen werden, weil wir ſie unter dem gleichen Geſichtswinkel wie kleinere nähere auffaſſen. Die ſcheinbare Größe aber ſteht, wenn wir von modificirenden Nebenmomenten abſehen, mit der Entfernung in gleichem Verhältniſſe. Führen wir dieſen Grundſatz ſpecieller durch, ſo erklären ſich hieraus viele Thatſachen, die uns tagtäglich aufſtoßen:

1) Ein kleiner und naher Gegenſtand deckt einen fernen größeren vollkommen, ſo lange wir beide direct wahrnehmen. Geſetzt, cd ſei das nähere und ab das entferntere Object, e der Kreuzungspunkt der Richtungslinien und kh die Verlängerung der Augenachſe, welche ab und cd in h u. i halbirt, ſo haben wir cd : ab = ei : eh. Beide

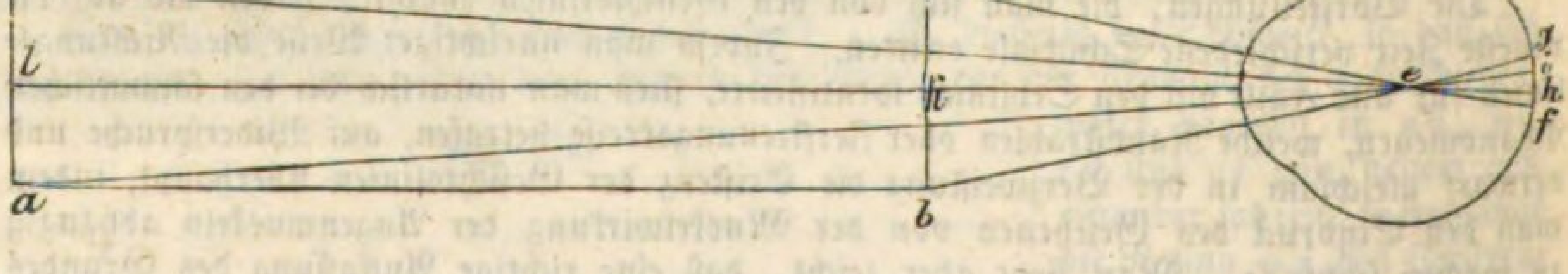
Fig. 173



erzeugen das gleiche Netzhautbild fg und erſcheinen unter demſelben Geſichtswinkel ced = aeb. Wenn nun z. B. ie = 4 Zoll, he dagegen = 24000 Fuß iſt, ſo haben wir, wenn wir cd = 1 ſetzen, ab : 1 = 24000 : ⅓ und ab = 8000, d. h. der nähere Gegenſtand wird dann einen ferneren, der 8000 Mal ſo groß iſt, aber auch 8000 Mal weiter liegt, vollkommen decken und, wenn er nicht transparent iſt, unſichtbar machen. Haben wir daher kein richtiges Maaß der Entfernung, ſo wird auch unſer Urtheil über die Größe der Gegenſtände irrthümlich ausfallen.

2) Denken wir uns, daß die verſchieden entfernten Punkte durch ſeitliche gerade Linien ab und cd begrenzt werden, ſo muß ſich ein etwas

Fig. 174.

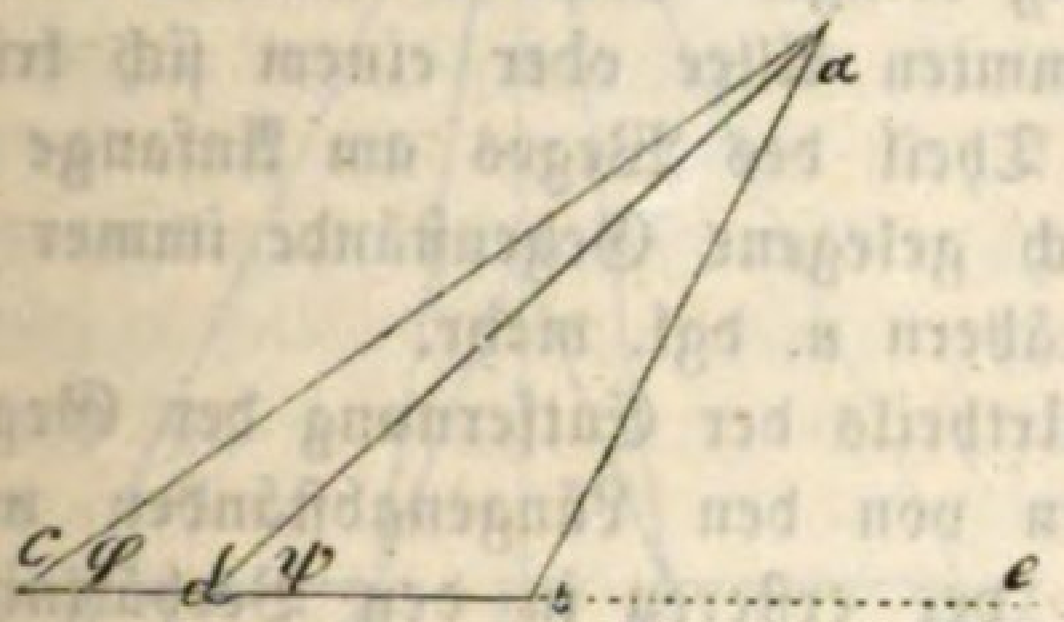


verändertes Reſultat ergeben. Denn iſt e der conſtante Kreuzungspunkt der Richtungslinien, ſo wird der nähere Gegenſtand bd unter dem Geſichtswinkel bed und mit dem Netzhautbilde fg aufgefaßt, während der entferntere ac nur den Sehwinkel aec und das Retinabild hi hat. Er muß daher kleiner erſcheinen, und es wird ſich das Bild von bd zu dem von ac = fg : hi oder wie die Diſtanz ek zur Entfernung el verhalten. Aus dieſem Grunde finden wir z. B., daß eine lange mit parallelen Rändern verſehene Ackerfurche, die wir von einer Seite aus erblicken, an ihrem anderen Ende ſpitzwinkelig zuſammenzulaufe. Deshalb glau-

ben wir bei dem Eintritt in eine lange gerade Allee, daß ſie ſich an ihrem anderen Endpunkte ſchließe. Soll das Letztere nicht Statt finden, ſo müſſen die Bäume in einer beſtimmten Curve [1]) geſetzt ſein.

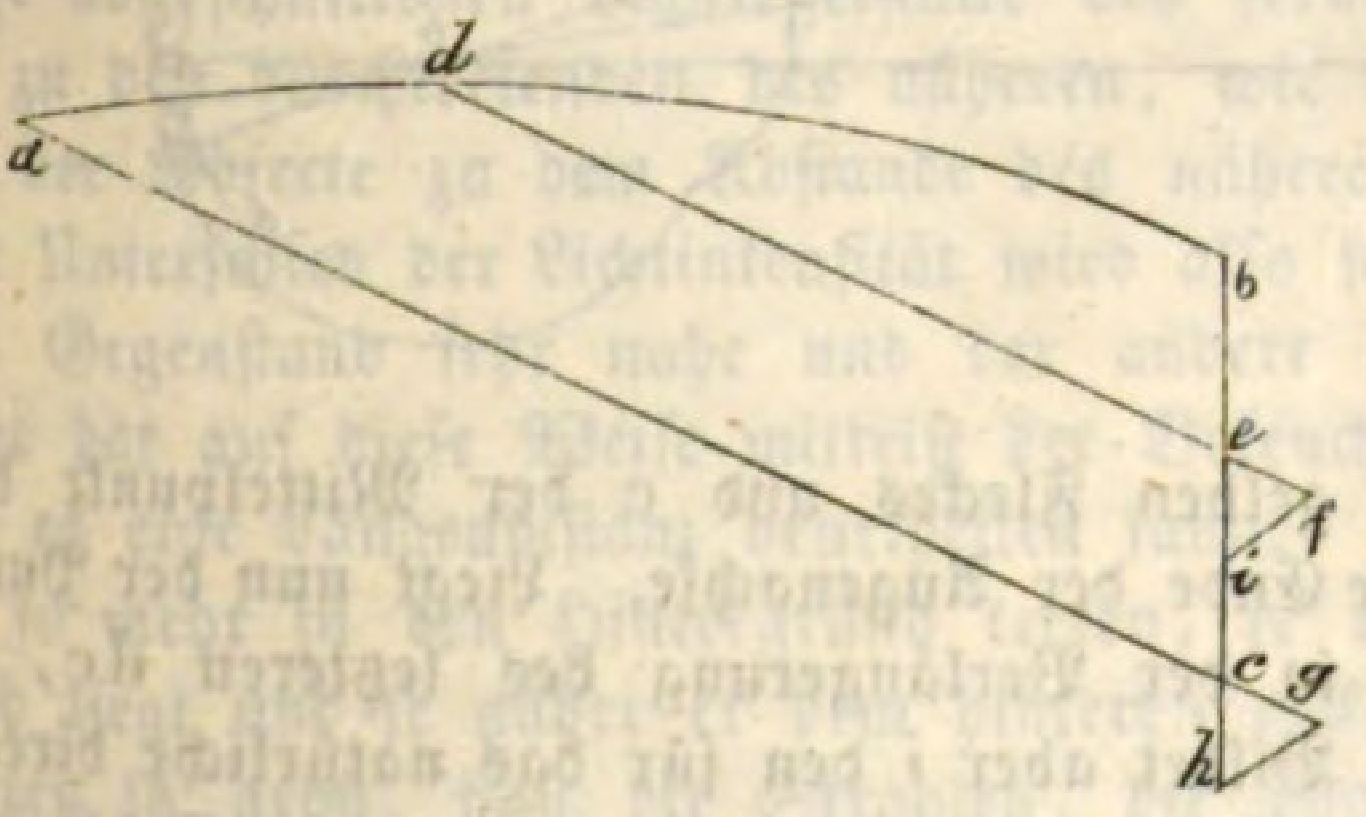
3) Steigt ein Gegenſtand in ſchiefer Richtung empor, ſo kommt er uns, vorausgeſetzt, daß die Stellung unſeres Auges in Verhältniß zu der oberſten und unterſten Grenze deſſelben die gleiche bleibt, aus der Ferne kürzer und ſteiler als in der Nähe vor. Denn wenn z. B. ab das Object und c der Kreuzungspunkt des Auges iſt, ſo wird es unter dem Geſichtswinkel φ aufgefaßt. Rückt dagegen c bis nach d vor, ſo verwandelt ſich der Sehwinkel φ in ψ. Nun iſt aber ψ als äußerer Winkel des Dreieckes acd größer als φ. Es muß daher ab länger erſcheinen. Bleibt aber die Neigung von ab gegen be dieſelbe, ſo wird die ſcheinbare Steilheit von ab um ſo mehr abnehmen, je größer ψ und je länger ab wird. Aus dieſem Grunde erſcheint uns z. B. nicht ſelten in Gebirgsgegenden ein Weg, den wir in der Ferne für faſt ſenkrecht halten, in der Nähe dergeſtalt geneigt, daß man mit Bequemlichkeit darüber gehen oder ſelbſt fahren kann.

Fig. 175.



4) Sehr ausgedehnte geradlinigt oder in Krümmungen dahingehende Körper werden aus der Ferne vollſtändiger als in der Nähe überblickt. Das Umgekehrte tritt dagegen rückſichtlich der Auffaſſung der Details ein. Denn wenn z. B. adb ein Object iſt, das aus der Diſtanz c des Auges möglichſt klar überſchaut zu werden vermag, ſo bildet acb den Geſichtswinkel des deutlichen Sehens. Dieſes bleibt natürlich das gleiche, wenn das Auge nach e rückt. Iſt aber deb = acb, ſo müſſen ag und df einander parallel ſein, ſobald hb eine fortlaufende gerade Linie bildet. Es kann daher jetzt nur der Theil hd deutlich aufgefaßt werden. So lange die Ausdehnungen ba und bd direct geſehen werden, kann ſich nicht der Abſtand des Punktes e oder c von der Netzhaut und ſpecieller vom gelben Flecke, auf welchen die Bilder gh und fi auffallen, verändern. Es muß daher ei = ch und ef = cg ſein. Da nun, wie wir eben geſehen, ∠ acb = hcg = deb = ief, ſo ſind die Drei-

Fig. 176.

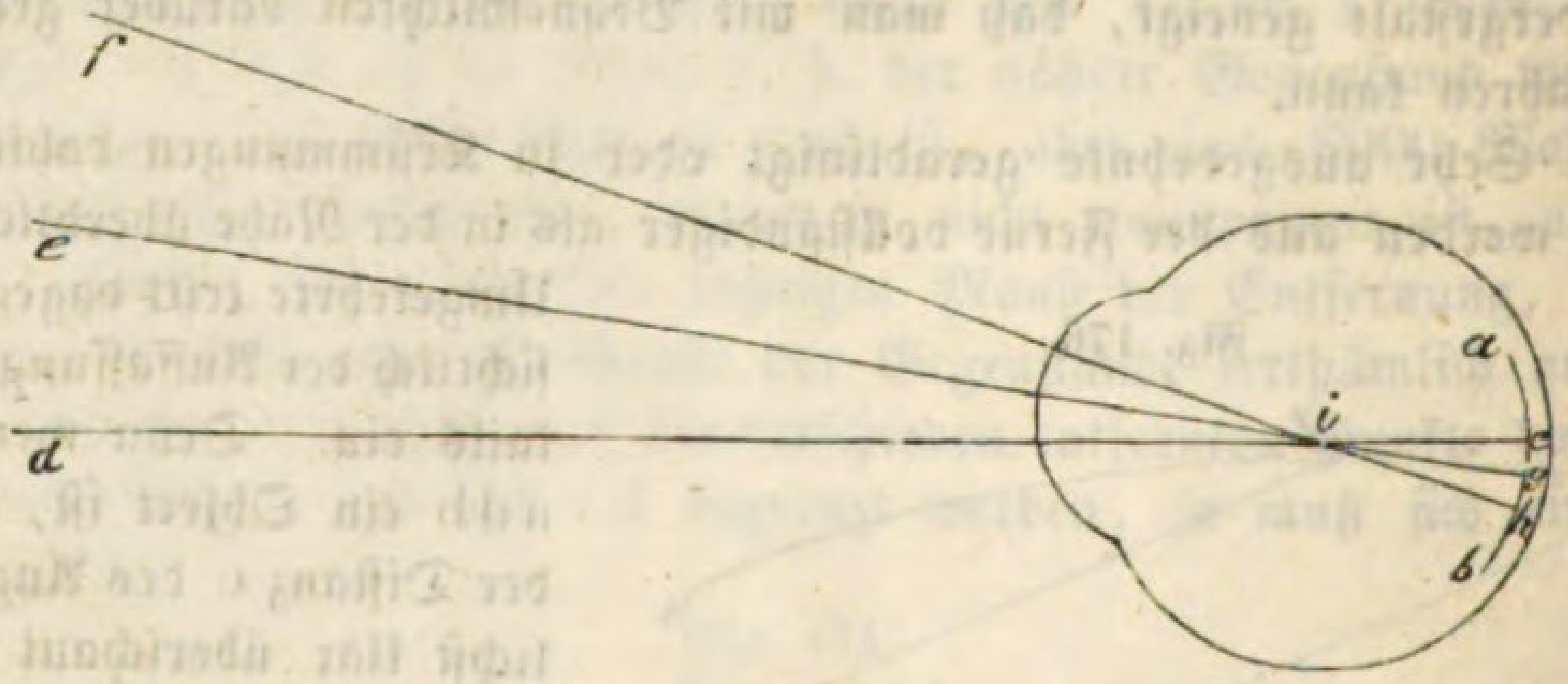


[1]) Eine Berechnung derſelben von Varignon findet ſich in Mémoires de l'Académie des sciences. Paris, 1717. 4. p. 67.

ecke hcg und ief congruent, folglich hg = if, d. h. ab und db entwerfen Netzhautbilder von derſelben Größe. Es kann daher eine größere Anzahl einzelner Punkte des kleineren Gegenſtandes db in ihren Details als von ba wahrgenommen werden. Aus dieſem Grunde eignet ſich die Betrachtung in der Nähe für die Wahrnehmung der Einzelnheiten, die in der Ferne dagegen für die Auffaſſung des Ganzen. Ein ganz nahe betrachtetes Oelgemälde zeigt uns nur die verſchiedenen Striche und Körnchen der Farben, während uns die Beobachtung in einer gewiſſen Diſtanz den beabſichtigten Totaleffect zur Anſchauung bringt. Eben ſo überblicken wir, wenn wir in einer bogenförmig gekrümmten Allee oder einem ſich krümmenden Thale fahren, einen größeren Theil des Weges am Anfange als ſpäterhin. Deshalb werden uns ſeitlich gelegene Gegenſtände immer undeutlicher, je mehr wir uns ihnen annähern u. dgl. mehr.

1116 Wir müſſen aber in Betreff des Urtheils der Entfernung der Gegenſtände die Breiten- und Höhendiſtanzen von den Längenabſtänden wohl unterſcheiden, weil die Wahrnehmung der erſteren in den Verhältniſſen der Retina ſelbſt begründet iſt, während die der letzteren nur durch Erfahrung und Uebung nach und nach gewonnen werden kann und daher um ſo eher mannichfachen Täuſchungen ausgeſetzt bleibt. Nehmen wir an,

Fig. 177.

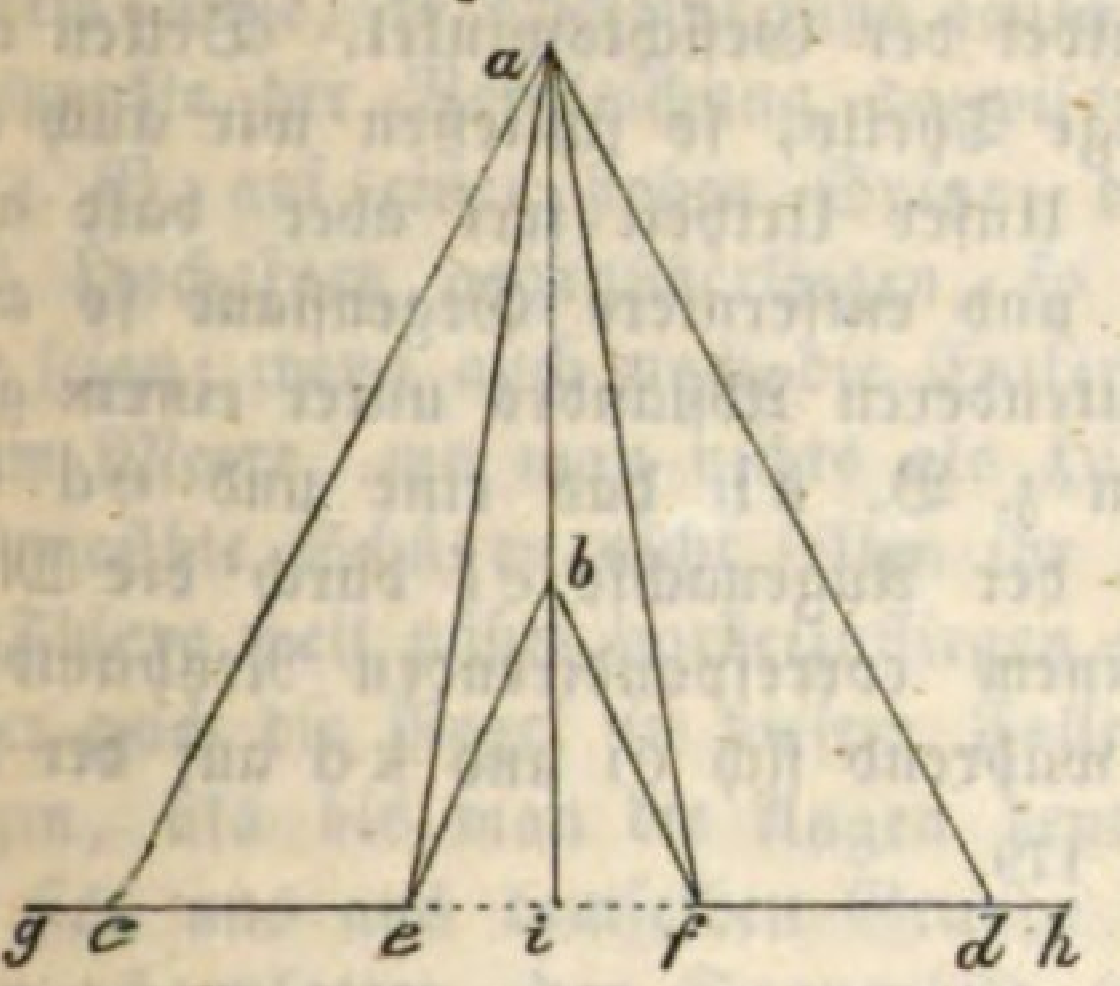


ab ſei der Durchſchnitt des gelben Fleckes und c der Mittelpunkt des Centralloches oder das hintere Ende der Augenachſe. Liegt nun der Punkt d des äußeren Gegenſtandes in der Verlängerung des letzteren dc, ſo wird er ſich in c abſpiegeln. Bildet aber i den für das natürliche directe Sehen conſtanten Kreuzungspunkt der Richtungslinien und der Sehlinien, ſo fällt das Bild von e in g und das von f in h auf die Netzhaut. Da wir nun die Anſchauung umkehren, ſo muß auch die Entfernung der Punkte g und h von c ein richtiges Maaß für die gegenſeitige Breiten- oder Höhenlage der leuchtenden Punkte d, e und f in Verhältniß zu den Abſtänden di, ei und fi abgeben. Bei dem indirecten Sehen oder der Wahrnehmung von Zerſtreuungskreiſen dagegen kann ſchon etwas der Art nicht Statt finden, weil dann die Sehlinien nicht genau mit den Richtungslinien zuſammenfallen. Indem aber die Aufmerkſamkeit vorzugsweiſe auf diejenigen Objecte, welche in der Sehaxe liegen, gerichtet wird, müſſen alle Objecte überhaupt, die ſich außerhalb derſelben befinden, um ſo

eher ſolche Täuſchungen veranlaſſen, je weiter ſie von der Netzhaut abſtehen.

Anders dagegen verhalten ſich die Einflüſſe der Längendiſtanz. Die 1117
Stärke der Beleuchtung wird natürlich durch die Menge der Lichtſtrahlen, welche von jedem Punkte des Objectes ausgehen, beſtimmt. Wenn nun a und b zwei gleich helle, aber ungleich vom Auge entfernte Gegenſtände ſind, ſo heißt dieſes ſo viel, als daß von a eben ſo viele Lichtbündel wie von b ausſtrömen und mithin der Scheitelwinkel cad des Lichtconus cad dem ebf des Kegels ebf gleicht. Bilden nun ge und fh die Iris und ef die Pupille, ſo gelangen alle Strahlen, die von b ausgehen, ins Auge, während von a nur der Conus eaf in daſſelbe tritt, die ſeitlichen cae und fad dagegen durch die Iris abgefangen werden. Ziehen wir aber ef und fällen die Senkrechte abi, ſo iſt $\angle$ ebi $= \angle$ cai und daher eb parallel ca. Es verhält ſich mithin ei : ib = ci : ia. Mithin $ei = \frac{ib \times ci}{ia}$. Nun iſt ce = ci — ei. Subſtituiren wir daher für ei den eben erhaltenen Werth, ſo haben wir $ce = \frac{ci\,(ia - ib)}{ia}$. Mithin ce : ci = ce + fd : ef = (ia — ib) : ia, d. h. die von dem Auge abgeſchnittenen Lichtkegelſtücke des ferneren Gegenſtandes verhalten ſich zu den durchtretenden des näheren, wie die Differenz der Entfernungen der Objecte zu dem Abſtande des näheren Punktes von der Pupille. Der Unterſchied der Lichtintenſität wird alſo ſehr groß ſein, wenn ſich der eine Gegenſtand ſehr nahe und der andere ſehr fern befindet, und das Auge hat auf dieſe Weiſe mittelſt der Beleuchtung eine Baſis, nach welcher es eine Längendiſtanz beurtheilen kann. Jedoch muß dieſes Moment um ſo mehr in den Hintergrund treten, je entfernter der nähere Gegenſtand liegt und je näher er dem hinteren rückt. Werden dagegen die Diſtanzen ſo groß, daß die Strahlen, die von beiden Objecten ausgehen, unter ſo kleinen Winkeln abgehen, daß ſie ohne Fehler als parallel angeſehen werden können, ſo wird der Einfluß der Längendiſtanz gänzlich aufhören. Die Beſtimmung des Urtheils durch den Grad der Beleuchtung findet alſo hier ſeine Grenze.

Fig. 178.

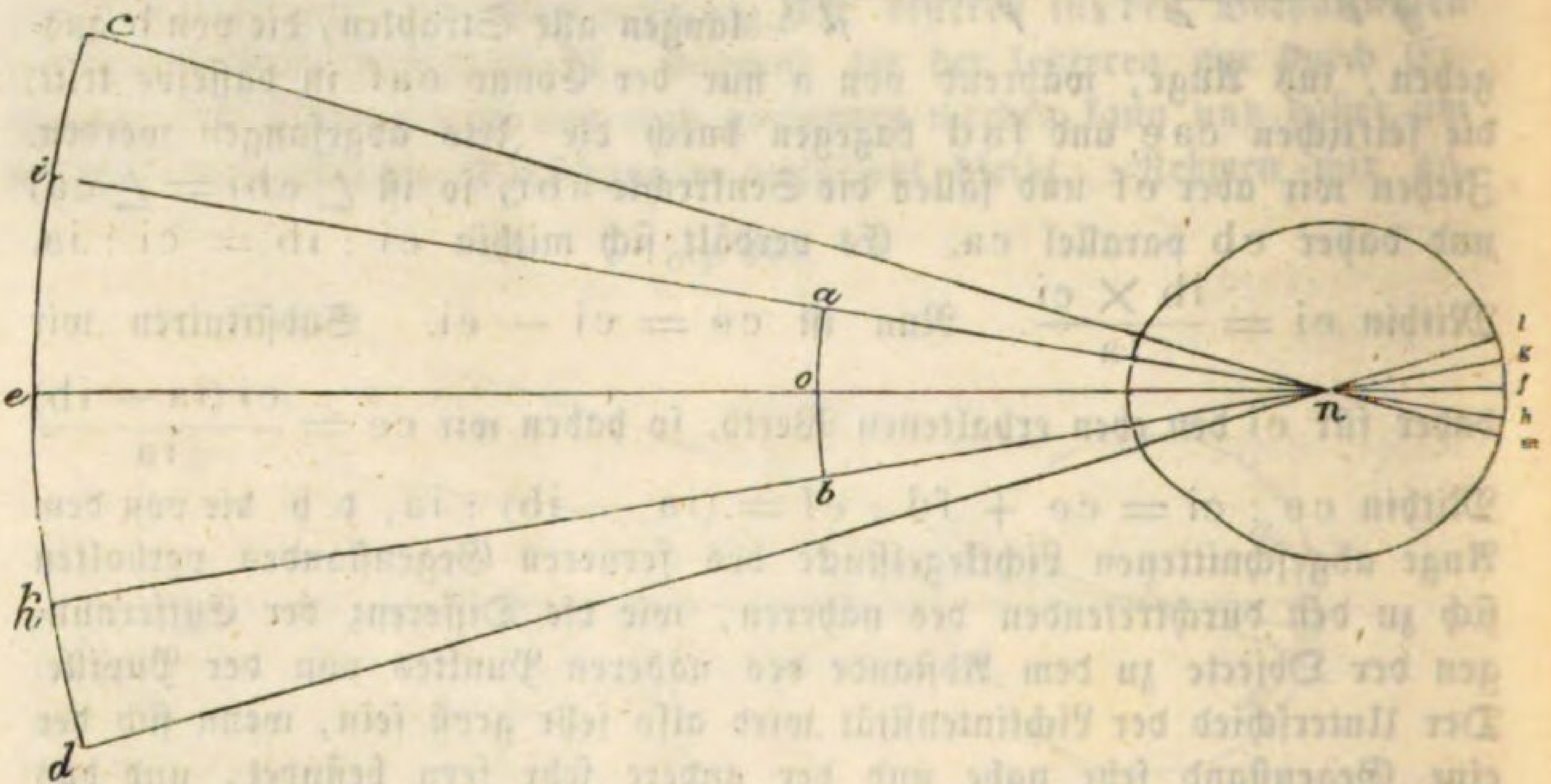


Iſt die Lichtſtärke zweier ungleich entfernter Punkte ebenfalls ungleich, ſo kann nur dann eine Compenſation Statt finden, wenn ſie ſich zu einander direct wie ihre Entfernungen vom Auge verhalten. Denn ſoll der Lichtkegel eaf eben ſo intenſiv beleuchten als der Conus ebf, ſo müſſen beide gleichviel Lichtſtrahlen enthalten. Da aber ef beiden gemeinſchaftlich iſt, ſo verhält ſich der Rauminhalt des Kegels ebf zu dem von eaf = ib : ia, oder mit anderen Worten: es muß der fernere Gegenſtand um

ſo viel mehr als er weiter, denn der nähere liegt, beleuchtet ſein. Da nun aber dieſe Compenſation nur ſelten eintritt, vielmehr eine unproportionirte ungleiche Beleuchtung häufig zu Stande kommt, ſo verläßt uns das Verhältniß der relativen Lichtſtärke, wenn wir die Longitudinalabſtände ſchätzen wollen, in ſehr vielen Fällen.

1118 Ein zweites leitendes Princip bildet der Geſichtswinkel. Decken einander verſchieden große halbdurchſichtige Theile, ſo ſchließen wir auch auf eine ungleiche Entfernung derſelben. Unſer Urtheil irrt aber bald wiederum ſehr leicht, wenn der hintere und entferntere Gegenſtand ſo ausgedehnt iſt, daß er trotz ſeines bedeutenderen Abſtandes unter einem größeren Geſichtswinkel erſcheint. Wenn z. B. ab das eine und cd das andere Object iſt, die Verlängerung der Augenachſe ef durch die Mitte von beiden geht, ſo wird ab mit ſeinem correſpondirenden Netzhautbilde gh nur den Abſchnitt ik verdecken, während ſich ci und kd auf der Re-

Fig. 179.



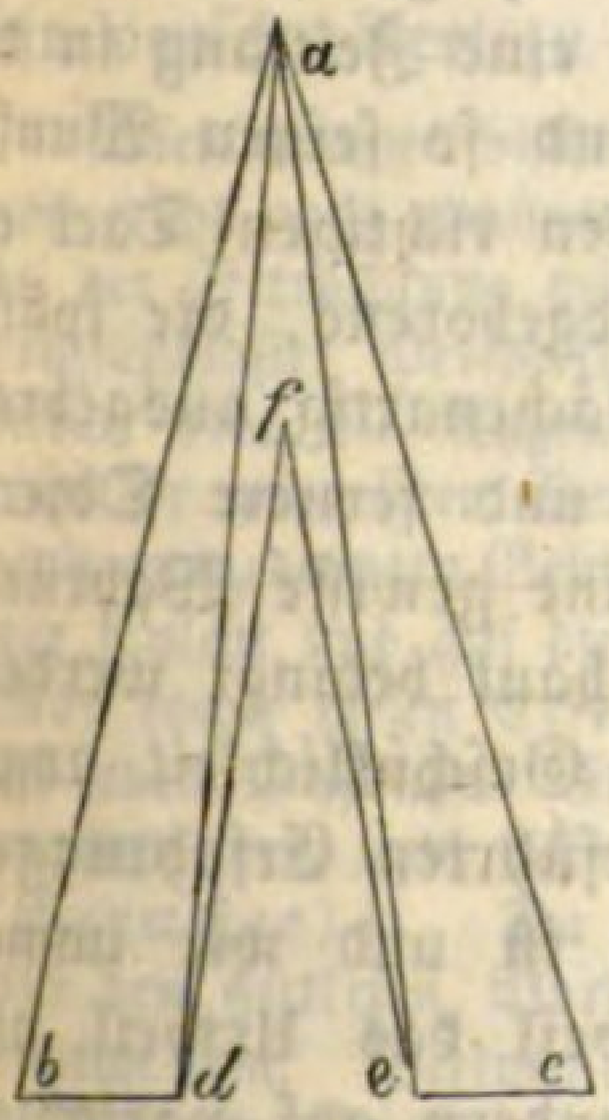
tina in hm und lg frei abſpiegeln. Da nun ik und nicht ab unſichtbar wird, ſo ſchließen wir mit Recht, daß cd größer iſt und hinter ab liegt. Allein das Quantum dieſer Entfernung bleibt uns unbekannt, wenn wir für die Werthe ci und kd keinen ſonſtigen ſichern Maaßſtab haben. Liegen zwiſchen a und c oder h und d keine ferneren zur vergleichenden Beurtheilung tauglichen Gegenſtände, ſo rücken wir ab an dc heran und beziehen den bedeutenderen Werth ſeines Geſichtswinkels cnd auf ſeine abſolute Ausdehnung, d. h. wir abſtrahiren von der Verkleinerung, welche er durch den Abſtand eo erleidet. Betrachten wir z. B. mehrere Gebirgsketten, welche ſich terraſſenartig hinter einander erheben, aus der Ferne, ſo verſchwinden die dazwiſchen liegenden Thäler, weil die Atmoſphäre keine weiteren Anhaltspunkte zur Vergleichung darbietet. Beſteigen wir dagegen die vorderſte Höhe, ſo liefern uns die Objecte der Thalgründe hinreichende Urtheilsmomente. Die nächſte Kette rückt daher auch von uns ab. Daſſelbe findet in Betreff der dritten Statt, wenn ſich zwiſchen ihr und der zweiten Wolken anſammeln. Allein ſelbſt die Abſtände dieſer

von den Gebirgsmaſſen werden aus den eben angeführten Gründen unrichtig beurtheilt. Ebenſo bewirkt die Vergrößerung des Geſichtswinkels, daß uns Perſonen, die wir durch einen Operngucker betrachten, viel näher erſcheinen.

Exiſtirt kein ſichtbares Object zwiſchen einem fernen Gegenſtande und 1119
unſerem Auge, ſo erſcheint uns jenes kleiner und näher, als wenn Anhaltspunkte der Vergleichung dazwiſchen vorhanden ſind. Befinden wir uns z. B. auf einer hohen Spitze, der benachbarte noch höhere Berge, z. B. Hochalpen gegenüberliegen, ſo glauben wir, daß die letzteren ſehr nahe ſeien, wenn auch noch die Entfernung mehrere Meilen beträgt. Auf offnem Meere, wo man nichts als Himmel und Waſſer erblickt, verfehlen ſelbſt geübte Schützen nicht ſelten ihr Ziel, weil die in der Luft befindlichen Thiere weit näher vorbeizufliegen ſcheinen als der Wahrheit entſpricht. Daher auch die Regel in dieſem Falle bei größeren Vögeln nie eher anzulegen, als bis man die Augen deutlich erkennt. Das Himmelsgewölbe ſtellt ſich uns aus demſelben Grunde nicht kreisförmig, ſondern im Meridian abgeplattet, das Sonnenbild (ſelbſt abgeſehen von der Strahlenbrechung) in der Mittagshöhe kleiner als am Horizonte dar, u. dgl. mehr.

Die Urſachen dieſes Naherückens ferner Gegenſtände aus Mangel an 1120
Zwiſchenobjecten liegt urſprünglich weniger in optiſchen als in phyſiologiſchen Verhältniſſen. Wir können uns zwar hierbei auch in Betreff der Lichtſtärke täuſchen. Wenn z. B. a ein ferner leuchtender Punkt, bc die Regenbogenhaut und de die Pupille des Auges iſt, ſo werden die Strahlen bad und eac durch die Iris bdec abgefangen. Nur der Lichtkegel dae gelangt ins Auge. Da aber Zwiſchenobjecte zum Vergleiche fehlen, ſo glauben wir, daß der Gegenſtand mit ſeiner vollen Lichtſtärke oder wenigſtens mit einer bedeutenderen, als wahrhaft der Fall iſt, auf unſer Auge wirke. Sollte das Erſtere eintreten, ſo müßte er um ſo viel näher rücken, daß der Winkel dfe dem Winkel bac gleich würde, d. h. er würde bis zu demjenigen Punkte gelangen, wo die Linien df und ef, welche ab und ac parallel ſind und durch die Peripherie der Pupille de gehen, einander ſchneiden. Allein ſo richtig auch dieſe Vorſtellung an und für ſich theoretiſch iſt, ſo verliert ſie doch gerade für unſeren Fall deshalb faſt alle Bedeutung, weil bei ihm die Lichtſtrahlen aus ſolcher Ferne einfallen, daß ſie ohne Fehler als parallel angeſehen werden können oder weil die Größendifferenz der Pupille und der Iris im Verhältniß zu dem Abſtande des Gegenſtandes verſchwindend klein iſt.

Fig. 180.

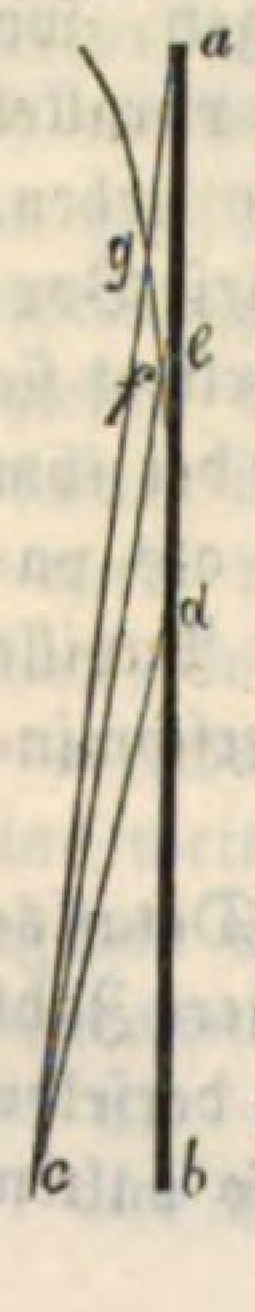


Weit wichtiger dagegen iſt das pſychologiſche Moment der Details- 1121
auffaſſung. Wir wiſſen aus Erfahrung, daß wir eine um ſo größere Zahl von Einzelnheiten eines Gegenſtandes wahrnehmen, je näher uns derſelbe liegt. Mangeln aber zum Vergleiche taugliche Zwiſchenobjecte, ſo halten

wir Licht- und Schattenverhältniſſe, Umriſſe gröberer Theile u. dgl., welche ſchon aus größerer Ferne kenntlich werden, für Details, die einer bedeutenderen Nähe zukommen und faſſen daher zwar das Object unter dem richtigen Geſichtswinkel und dem entſprechenden vollen Netzhautbilde, aber in einer zu großen Nähe und daher auch etwas kleiner auf. Die Anſchauung der Hochalpenkette zu verſchiedenen Zeiten erhärtet uns die Richtigkeit dieſer Annahme ſehr deutlich. Wenn der Himmel ganz klar, die Atmoſphäre vollkommen rein iſt und die Sonne die ausgedehnten Gletſcherflächen beſcheint, ſo daß ſich dieſe blendend weiß und oft atlasglänzend darſtellen, ſo haben wir einförmigere und gleichartigere Flächen. Wir verſetzen daher auch die Bergkette in eine größere Ferne. Iſt dagegen der Himmel umwölkt, die Luft mit Waſſerdünſten geſchwängert und werden die Gebirge nicht ſo intenſiv beleuchtet, ſo erkennt man auch die Abhänge und Schluchten als ſchwarze Flecke zwiſchen den grauweißen Gletſcherflächen. Die Menge der in die Augen fallenden Einzeltheile vergrößert ſich, und die Alpen ſcheinen uns daher auch weniger fern zu liegen, ſo daß man die ungewöhnliche Nähe derſelben als ein Zeichen herannahenden ſchlechten Wetters betrachtet.

1122 Indem aber das Maaß des richtigen Längenabſtandes eine Uebung des Urtheils und keine bloß optiſchen Bedingungen vorausſetzt, kann nur eine anhaltende Vervollkommnung der Auffaſſung ſelbſt die gröbſten Irrungen in ſolcher Beziehung vermeiden lehren. Dieſes beſtätigt auch die Erfahrung. Ein kleines Kind beurtheilt ſelbſt die Diſtanzen, welche noch innerhalb einer bedeutenden Nähe fallen, auf eine ganz unrichtige Weiſe. Will der Säugling nach etwas greifen, ſo tappt er erſt eine Zeitlang in der Nähe des Objectes herum, bis er es endlich trifft und ſo ſeinen Wunſch befriedigt. Es vergehen immer Monate, bevor er den richtigen Tact erlangt hat, den Gegenſtand ſogleich zu faſſen. Blindgeborene, die ſpäter mit Glück operirt werden, ſehen alle Objecte mehr flächenartig ausgebreitet und lernen erſt durch allmälige Uebung nähere und fernere Objecte unterſcheiden. Jedoch muß auch von vorn herein eine gewiſſe Wahrnehmung in die Tiefe durch die Dicke der Netzhaut bedingt werden. Wenn wir uns aber auch eine hinlängliche Geſchicklichkeit angeeignet haben, ſo zeigen doch die oben angeführten Erfahrungen deutlich genug, daß dieſe nur ſehr relativ iſt und wir immer großen Irrthümern unterworfen bleiben, weil das Urtheil auf keinem fixen mathematiſchen Verhältniſſe, ſondern auf variablen ſubjectiven Vorausſetzungen beruht.

Fig. 181.



1123 Die Täuſchungen, denen die Auffaſſung der Längendiſtanz ausgeſetzt iſt, ziehen nicht ſelten Irrthümer in Betreff der Beurtheilung der Geſtalt der Gegenſtände nach ſich. Wenn wir uns z. B. auf den Erdboden neben der Baſis eines Thurmes hinlegen und dann hinaufſchauen, ſo kommt es uns vor, als neige ſich der letztere über uns. Denn geſetzt, dieſer ſei ab und in c ruhe unſer Auge, ſo faſſen wir noch z. B. die Diſtanz cd richtig auf. Statt ce dagegen nehmen wir cf, ſtatt

ca nur cg an. Da ſich nun das Gleiche für alle zwiſchen d und a liegende Punkte wiederholt und der Einfluß der Irrung des Urtheils mit dem Abſtande von d ſtetig zunimmt, ſo glauben wir, daß der Thurm bdea die Form bdfg habe. Aus derſelben Urſache ſcheint uns der Spiegel des ruhigen offenen Meeres, wenn er horizontal iſt, convex zu ſein, weil unſere Schätzung des Abſtandes, je größer die Entfernung, um ſo unrichtiger ausfällt.

Wenn verdeckende Zwiſchenobjecte mangeln und die Reinheit der Atmoſphäre die Auffaſſung begünſtigt, können bekanntlich nicht bloß die ſehr entfernten Geſtirne, ſondern auch ſehr weit abſtehende größere Gegenſtände des Erdballes in bedeutenden Diſtanzen erblickt werden. So z. B. zeigt ſich der Himalaya noch bei 244, der Ararat von Derbhend in 240, der Chimborazo in 160 und der Pik von Teneriffa in 135 (engliſchen?) Meilen Entfernung [1]).

Die perſpectiviſche Auffaſſung verſchieden weit liegender Gegenſtände beruht eben auf der Beurtheilung der gegenſeitigen Stellungs- und Diſtanzverhältniſſe derſelben. Wie ſich aber von ſelbſt ergiebt, kann die perſpectiviſche Darſtellung keine objectiv richtige ſein, ſondern muß die ſubjectiven Momente der Geſichtsempfindungen wiedergeben. Sie reproducirt die Bilder, wie ſie wahrgenommen werden würden, wenn ſich das Auge des Beſchauers in einer gewiſſen Entfernung vor ihnen befände. Alle Verkleinerungen der Objecte ſind daher nach dieſem Maaßſtabe zu entwerfen. Es müſſen auch deshalb nähere Gegenſtände größer als entferntere gezeichnet, Längendiſtanzen z. B. zwiſchen zwei terraſſenartig ſich erhebenden Bergketten hinweggelaſſen werden. Ebene Flächen, die ſich in bedeutender Länge hinſtrecken, ſind ſich erhebend, Alleen nach der Ferne hin verſchmälert zu zeichnen u. dgl. mehr. 1124

Dieſe perſpectiviſchen Eigenthümlichkeiten bedingen mehrere Einzelverhältniſſe, die noch nicht ganz genügend erklärt werden können. Wenn uns z. B. die Hochalpenkette bei der Betrachtung mit freiem Auge einförmiger erſcheint, ſo zeigt ſie ſich ſogleich in vollſtändigſter Perſpective, ſobald man den gebogenen Vorderarm auf die Stirn unmittelbar über die Augen legt oder die Gegend mit niedergeſenktem Kopfe durch die aus einander geſpreizten Beine betrachtet. Ja der Verſuch, der übrigens auch an jeder irgend ausgedehnten Gebirgslandſchaft angeſtellt werden kann, gelingt ſchon, wenn man ſich nur hinlegt und auf dieſe Art das Ganze gleichſam mit horizontaler Auffaſſung anſieht. Man ſuchte dieſen Erfolg dadurch zu erklären, daß man annahm, es ſtröme mehr Blut bei jenen künſtlichen Stellungen nach dem Kopfe und der Netzhaut. Dieſe werde daher empfindlicher und faſſe deshalb Perſpectivdetails, die uns ſonſt entgehen, richtig auf (Brewſter) [2]). Da jedoch das Experiment zu demſelben Reſultate führt, wenn man nur den flectirten Vorderarm auf die Stirn legt, ſo kann dieſe Erklärung nicht die richtige ſein. Vielmehr ſcheint der Grund nur darin zu liegen, daß das ſeitliche Licht in höherem Grade abgehalten wird. Hierdurch nimmt das Auge mehr Einzeldetails des fernen Gegenſtandes wahr und beurtheilt deshalb die Perſpective beſſer. Für dieſe Annahme ſpricht auch, daß uns eine Landſchaft ſchon um vieles perſpectiviſcher wird, wenn wir ſie nur durch die Oeffnung eines Papiers beobachten, daß die fernen Gegenſtände, trotz dem daß ſie in der Vorſtellung theilweiſe weiter verrückt werden, nicht größer, ſondern kleiner erſcheinen und geringe Färbungen derſelben den Effect erhöhen. Der Verſuch gelingt daher z. B. beſſer, wenn man ihn während des Glühens der Alpen bei Sonnenuntergang, als außerhalb dieſer Zeit darſtellt.

---

[1]) Brewster und Jameson The Edinburgh Philosophical Journal. Vol. III. Edinburgh, 1820. 8. p. 192. Vergl. Colby ebendaſelbſt Vol. I. p. 411.

[2]) L'Institut 1842, Nr. 382. p. 139. 40.

Eine andere Eigenthümlichkeit beſteht darin, daß es einem Maler unmöglich iſt, eine bergab gehende Straße ſo aufzunehmen, als wenn ſich das Auge des Beobachters in der Mitte des höchſten Punktes derſelben befände und von hier aus herabſchaute. Das Ganze macht immer den Eindruck, als ginge die Straße von der Stelle des Anſchauenden bergauf und nicht bergab. Selbſt bei Daguerreotypbildern, welche man in dieſer Art aufgenommen, bleibt die Wirkung die gleiche, zum Beweiſe, daß keine Fehler der Zeichnung oder der Licht- und Schattenvertheilung die Veranlaſſung des Phänomenes darſtellen. Die Urſache liegt vielleicht darin, daß es für die Verhältniſſe des Geſichtswinkels gleich iſt, ob die Straße, wenn ſie nur eine irgend beträchtliche Länge hat, emporſteige und von dem Beobachter von unten nach oben betrachtet werde oder ob in beiden Beziehungen das Umgekehrte Statt findet. Da wir nun aber in der Regel von dem Boden emporſtrebende fernere Gegenſtände betrachten, ſo iſt uns auch eine ſolche Auffaſſungsweiſe geläufiger als die entgegengeſetzte.

Betrachten wir ein Geldſtück unter einer Lupe, ſo erſcheinen uns die Erhabenheiten des Stiches deſſelben im erſten Augenblicke eben oder ſogar vertieft. Einige Zeit darauf verſchwindet die Täuſchung, und wir ſehen die einzelnen Theile des vergrößerten Objectes in ihren natürlichen Verhältniſſen. Wiederholen wir den Verſuch mehrere Male in kurzer Zeit hinter einander, ſo kehrt die Illuſion nicht wieder. Dieſem gemäß hält ſie auch bei einzelnen Menſchen länger, bei anderen kürzer an. Der einfachſte Grund dieſes ſchon von Jablot im Jahre 1712 mitgetheilten Experimentes ſcheint in der Beſtechung unſeres Urtheils durch die Vergrößerung zu liegen. Da die erhabenen Stellen der Münze mehr Licht reflectiren, ſo erſcheinen ſie glänzender und im erſten Momente der Betrachtung des vergrößerten Bildes umfangsreicher und daher ferner, d. h. eben oder vertieft.

1125 Wir erfahren, daß ein Gegenſtand ſich bewegt, wenn ſein Bild auf unſerer Netzhaut fortrückt und wir ihm den Bulbus oder ſelbſt den Kopf nachdrehen müſſen, ſobald er uns nicht aus dem Bereiche des directen Geſichtsfeldes verſchwinden ſoll. Wir empfinden mithin theils ſeine Ortsveränderung, theils diejenige, die wir ſelbſt als Correction vorzunehmen gezwungen werden. Bei dieſem complicirten Verhältniſſe aber iſt wiederum eine Reihe von Täuſchungen ſehr leicht möglich. Wenn wir z. B. die Arabeske eines gemalten Zimmers betrachten und unſer Auge wenden, um andere Stellen derſelben aufzufaſſen, ſo ereignet es ſich bisweilen, daß wir in der Zerſtreuung die Drehung unſeres Bulbus vergeſſen und momentan glauben, daß die Arabeske ſelbſt in horizontaler oder ſenkrechter Richtung ſchnell fortrücke. Noch leichter kommt dieſelbe Illuſion zu Stande, wenn ſich unſer Körper ſelbſt in ſeinen Einzeltheilen paſſiv verhält, während die Bilder unbeweglicher Gegenſtände eine Ortsveränderung auf unſerer Netzhaut vornehmen, weil unſer Organismus im Ganzen ohne unſer Zuthun fortgeleitet wird. Aus dieſem Grunde glauben wir oft, daß die äußeren Gegenſtände des Weges oder des Ufers in einer unſerer Bewegung entgegengeſetzten Richtung dahingehen, wenn wir in einem Wagen oder auf einem Schiffe fahren. Ueberſchreitet jedoch die Geſchwindigkeit der letzteren Fortſchaffungsvehikel einen gewiſſen Grad, ſo zeigt ſich die Scheinbewegung der äußeren Objecte unſerem wahren Fortrücken nicht entgegengeſetzt, ſondern entſprechend [1]). Aehnliche Uebertragungen können auch von bewegten Gegenſtänden auf unſeren Körper Statt finden. Steht z. B. ein Menſch längere Zeit auf einer Brücke und be-

1) G. Th. Fechner Repertorium der Experimentalphyſik. Bd. II. Leipzig. 1832. 8. S. 227. 28.

trachtet den Lauf des Stromes anhaltend, ſo ſcheint dieſer zuletzt zu ruhen, während er ſich ſelbſt mit der Brücke in entgegengeſetzter Direction zu bewegen glaubt. Hat man einen größeren Waſſerfall anhaltend angeſchaut und blickt dann auf die benachbarten Felswände, ſo ſcheinen die Theile der Oberfläche derſelben nach oben zu gehen [1]). Deshalb iſt es auch leichter, auf einem ſchmalen Brette eine ruhige Kluft, als einen reißenden irgend breiten Bergfluß zu überſchreiten.

Hierher gehören noch die Scheinbewegungen, welche die Gegenſtände bei dem Schwindel annehmen. Dreht man ſich bei aufrechtem Kopfe um ſich herum und ſteht dann ſtill, ſo ſcheinen die Objecte in einer Horizontalebene, die daher auf der Längenachſe des Körpers und der vorgenommenen Drehung ſenkrecht ſteht, im Kreiſe herumzugehen. Neigt man nun den Kopf ſchief, ſo ſchneidet die Ebene des ſcheinbaren Drehkreiſes die gegenwärtige Längenachſe des Kopfes ſenkrecht, mithin die des Rumpfes ſchief. Siehe Purkinje in den medicinischen Jahrbüchern des österreichischen Staates. Bd. VI. S. 15. Wir werden übrigens auf dieſe Verhältniſſe in der Nervenphyſiologie bei der Darſtellung der Thätigkeiten des Gehirnes zurückkommen.

Sollen wir eine Bewegung durch unſer Geſicht unmittelbar wahrnehmen, ſo müſſen nicht bloß abſolut oder relativ ruhende Gegenſtände nebenbei zum Vergleich vorhanden ſein, ſondern die Geſchwindigkeit des fortrückenden Körpers darf nicht, wie ſie von uns beobachtet wird, unter eine gewiſſe Grenze herabſinken. Denn ſonſt erſcheint uns das Object in vollkommener Ruhe. Aus dieſem Grunde entgeht uns unmittelbar die Bewegung der Geſtirne, ſo lange wir ſie mit freiem Auge beobachten. Betrachten wir ſie aber durch ein Fernrohr, ſo vergrößert ſich der durchlaufene Raum, während die hierfür gebrauchte Zeit dieſelbe bleibt. Die ſcheinbare Geſchwindigkeit nimmt in gleichem Maaße der Vergrößerung zu, und wir nehmen daher die Bewegung ſogleich wahr. Hierbei muß natürlich die Vergrößerung um ſo ſtärker ausfallen, je langſamer die Ortsveränderung in Verhältniß zu unſerem Sehen vor ſich geht. 1126

Um aber den Grad der Schnelligkeit, bei welcher die Bewegung eines Körpers ſichtbar wird, zu beſtimmen, dient am einfachſten die Beobachtung des Ganges eines Minutenzeigers einer guten Taſchenuhr, — ein Verfahren, das ſchon früher von C. G. Schmidt und Muncke geübt worden iſt [2]). Ich kann z. B. noch nicht die Bewegung des vergoldeten Minutenzeigers, welcher eine Länge von 14,5 Millimeter hat, mit freiem Auge bei gutem Tageslichte wahrnehmen, ſehe ſie aber, wenn ich eine 1½ Mal vergrößernde Loupe gebrauche. Betrug dagegen die Länge des vergoldeten Zeigers einer andern Uhr 18 Millimeter, ſo nehme ich das Fortrücken der Spitze bei ſcharfer Fixation in 4 Zoll Abſtand vom Auge in hellem Lichte eben noch wahr, würde jedoch das Ganze bei irgend flüchtiger Betrachtung für ruhend halten. Schiebe ich aber eine Loupe vor, die für ebenfalls 4 Zoll Sehweite 1½ Mal vergrößert, ſo kann ich die Ortsveränderung deutlich auffaſſen. In dem erſteren Falle durchläuft 1127

[1]) Addams in The London and Edinburgh Philosophical Magazine. London, 1834. 8. Novemb. p. 373.

[2]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. IV. Leipzig, 1828. 8. S. 1457.

der Zeiger in der Secunde einen Raum von $\frac{36 \times \pi}{3600} = 0{,}031416$ Millimeter $= 0''',0139266$, während die Scheingeſchwindigkeit im letzteren Falle für die Secunde $1\frac{1}{2}$ Mal größer $= 0''',0208899$ oder ungefähr $\frac{1}{50}$ pariſer Linie beträgt. Halten wir uns, um in keiner Hinſicht zu übertreiben, nur an die letztere Zahl als Grundwerth der folgenden Beſtimmungen, ſo beträgt dann die Secundengeſchwindigkeit des Netzhautbildchens nach den in §. 1012 angeführten Diſtanzen des Kreuzungspunktes der Richtungslinien von der Vorderfläche der Hornhaut und dem Centralloche $\frac{4{,}731 \times 0{,}0208899}{48 + 5{,}29} = 0''',0018545$ oder nicht ganz $\frac{1}{500}$ Linie. Für den Geſichtswinkel φ, welcher dieſer Größe entſpricht, haben wir aber $\text{tang. } \frac{1}{2}\varphi = \frac{0{,}0208899}{2(48 + 5{,}29)} = \text{tang. } 0^0\, 0'\, 40'',5$. Die Bewegung eines Körpers wird alſo nur dann von mir wahrgenommen, wenn ſie für mein Auge eine Winkelgeſchwindigkeit von $0^0\, 1'\, 21''$ in der Zeitſecunde beſitzt.

Alle ſolche Beſtimmungen der Secundengeſchwindigkeit der kleinſten Veränderung des Sehwinkels geben ſelbſt bei den richtigſten Vordaten bloß approximative Werthe, weil eine große Zahl von Nebenverhältniſſen, die nicht immer genau in Berechnung gezogen werden können, weſentlich mitwirken. Nicht nur die Stärke des Lichtes, der Glanz und die Farbe des betrachteten Gegenſtandes, der Abſtand, die Sehweite und die Geſichtsſchärfe des Auges, ſondern auch die Natur der benachbarten Objecte hat auf die Wahrnehmung der leiſeſten Bewegungen einen bedeutenden Einfluß. Geht der Zeiger der Uhr z. B. unmittelbar an feineren Strichen hin, ſo wird ſeine geringſte Bewegung leichter als ſonſt wahrgenommen, weil jene feinen, als Verzierungen angebrachten Linien zu fixen Vergleichungspunkten dienen und die unbedeutendſte Verrückung der Zeigerſpitze um ſo eher auffällt.

Nach Schmidt bemerkt man die Bewegung der Sterne bei einer Verſchiebung des Geſichtswinkels von 50 Secunden. Die Annahme dieſes Forſchers aber, daß die Ortsveränderungen des Minutenzeigers erſt bei einer Secundengeſchwindigkeit von $0^0\, 2'\, 15''$ kenntlich werden, dürfte ſich nur auf nicht ſcharfe Augen und wenig begünſtigende Verhältniſſe beziehen. Muncke konnte das Fortrücken des ſtahlblauen, 9,1 Linien langen Minutenzeigers auf blendend weißem Grunde in 8 Zoll Abſtand vom Auge eben noch wahrnehmen. Dieſes giebt eine Secundengeſchwindigkeit von $0''',015882$.

1128 Nothwendiger Weiſe müſſen wir aber die Bewegung eines Gegenſtandes etwas ſpäter und unvollſtändiger, als ſie wahrhaft iſt, auffaſſen. Denn wäre unſer Geſichtsorgan unbeſchränkt, ſo daß wir auch den kleinſten Winkelunterſchied wahrzunehmen die Fähigkeit hätten, ſo würde uns auch jede Ortsveränderung ſogleich zur Perception kommen. Wir haben aber geſehen, daß der Geſichtswinkel eine gewiſſe Größe haben muß, wenn uns das Object zur Anſchauung kommen ſoll. So lange es alſo nur eine ſo geringe Winkelgeſchwindigkeit, als dieſer Werth ausmacht, beſitzt, wird uns die Bewegung entgehen. Wir müſſen ſie daher ein Minimum von Zeit ſpäter auffaſſen, als ſie wahrhaft für unſer Sehen eintritt.

1129 Mit dieſen Verhältniſſen hängt zum Theil die ſogenannte Dauer des Eindruckes der Geſichtsobjecte zuſammen. Denken wir uns nämlich, daß das Bild nicht augenblicklich, wie es erſcheint, verſchwindet,

ſondern noch einige Zeit auf der Netzhaut anhält und gleichſam nachklingt, ſo wird ein Object, welches innerhalb dieſer kurzen Zeitdauer eine Kreisbewegung macht, continuirlich im Geſichte bleiben, d. h. wir werden nicht den Körper von Stelle zu Stelle fortſchreiten ſehen, ſondern er muß den Eindruck einer anhaltenden Kreislinie verurſachen. Die Täuſchung wird natürlich bei einem hellen, viel Licht gebenden Körper ſtärker als bei einem matt beleuchteten ausfallen. Auf dieſe Weiſe erſcheint uns eine an einem Drahte befeſtigte und raſch herumgeſchwungene Kohle in der Form eines feurigen Kreiſes, während eine in ähnlicher Weiſe behandelte an einem Faden hängende Bleikugel einen weit geringeren Effect hervorruft und in einiger Ferne ſogar unſer Geſichtsorgan nicht mehr afficirt. Dieſer Unterſchied muß ſich natürlich auch auf die Farben übertragen.

Wie man leicht ſieht, wird die Geſchwindigkeit, d. h. die Zahl der 1130
Umdrehungen, welche ein Körper in einer Zeiteinheit macht, den Erfolg beſtimmen. Wir haben daher ein Mittel, um auf dieſe Art die Zeitdauer des Netzhauteindruckes unter beſtimmten Verhältniſſen zu meſſen. Sie muß nämlich mit der geringſten Zeitgröße einer Umkreiſung, bei welcher das Scheinbild der Continuität zu Stande kommt, zuſammenfallen. Im Allgemeinen beträgt dieſer Werth ungefähr $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Secunde.

Nach Parrot gleicht die Dauer des Eindruckes einer glühenden Kohle, welche in einem dunkelen Zimmer mit einer Secundengeſchwindigkeit von 6,8 Fuß geſchwungen wird, 15, einer ſolchen dagegen, die in einem hellen Raume mit einer Schnelligkeit von 10 Fuß rotirt, nur 10 Tertien. Segner nahm in dieſer Beziehung als allgemeinen Werth 30, d'Arcy 8 und Cavallo 6 Tertien an. Wird eine Bewegung, die eine Secundengeſchwindigkeit von 0 1′ 21″ hat, für mein Auge unter ſehr günſtigen Beleuchtungsverhältniſſen kenntlich und gleicht der kleinſte Geſichtswinkel, unter welchem ich unter den günſtigſten Vorausſetzungen einen Gegenſtand wahrnahm, 0° 0′ 2″,6, ſo muß das mögliche Minimum der Dauer des Netzhauteindruckes in meinem Bulbus $\frac{2,6 \times 60}{82} = 1,90$ oder 2 Tertien betragen. Wir werden übrigens die Beſtätigung dieſes Reſultates in der Folge durch andere Erfahrungen kennen lernen (§. 1133).

Plateau beſtimmte dieſe Verhältniſſe, indem er einen Räderapparat gebrauchte, welcher durch Gewichte in Bewegung geſetzt und an dem die Zahl der Umdrehungen des letzten Rades in einer beſtimmten Zeiteinheit, z. B. in einer Secunde durch Rechnung gefunden werden konnte. Man heftete Quadrate verſchiedenfarbigen Papiers an daſſelbe und beobachtete nun, bei welchem Minimum von Schwingungen die Auffaſſung continuirlich wurde. Natürlicher Weiſe gaben dann drei Viertheil der Zeit eines einzigen Umſchwunges die Dauer eines Netzhauteindruckes. Hierbei beſtätigte ſich die theoretiſche Folgerung, daß jene bei dem Blau auf dem unbeſtimmten Grunde des Umdrehungskörpers kürzer iſt als bei Weiß. Dieſes aber und Gelb und Roth lieferten ſo ſchwankende Reſultate, daß ſich kein ſicherer Schluß entnehmen läßt. Denn berechnet man die von Plateau erhaltenen Zahlen von je ſechs Verſuchen, welche mit jeder Farbe angeſtellt worden, in Zeittertien, ſo ergeben ſich folgende Werthe:

	Zeitdauer des Eindruckes des Bildes in Tertien.		
	Maximum.	Minimum.	Medium.
Weiß	22,8	19,8	21,2
Gelb	21,6	21,4	21,3
Roth	22,2	19,2	21,7
Blau	21,6	18,0	19,4

Dieſe Verhältniſſe bedingen eine Reihe von Geſichtstäuſchungen, welche uns im gewöhnlichen Leben häufig genug begegnen, die aber auch zum Theil die Grundlage zu manchen ſinnreichen optiſchen Spielwerken bilden. Der continuirliche Eindruck des Blitzſtrahles, der Sternſchnuppen, der Raketen z. B. beruht auf der Schnelligkeit des Fortganges des Lichtes. Indem die einzelnen Cilien des Räderorganes der Rotiferen raſch und gleichartig hinter einander ſchlagen, entſteht die Täuſchung eines fortlaufenden Rades. Dreht ſich ein ſpiralig ausgefurchter Glasſtab ſchnell um ſeine Achſe, ſo erhält das Ganze den Anſchein eines ausfließenden Waſſerſtrahles. Wir können an einem Rade, das ſich ſehr raſch wendet, die einzelnen Speichen nicht mehr iſolirt wahrnehmen. Erfolgt die Drehung etwas langſamer und betrachten wir beſonders das Ganze durch ein horizontales Gitterwerk, ſo zeigen ſie ſich nach beſtimmten Curven gebogen, nicht aber gerade, wie ſie wahrhaft ſind. Theilt man eine bewegliche Scheibe in eine Reihe von Sectoren, ſo wie es Fig. 182 andeutet, und läßt ſie ſehr ſchnell kreiſen, ſo erhält man nach einiger Zeit einen gleichförmigen Eindruck. Dieſes Endreſultat zeigt ſich, die Abſchnitte mögen abwechſelnd ſchwarz und weiß oder mit anderen Farben angeſtrichen ſein. Nur weicht die Größe der Zeitdauer eines Umlaufes, bei welchem der gewünſchte Erfolg zuerſt eintritt, in dieſer Beziehung ab. Auch hier ſuchte Plateau die zeitliche Größe des Netzhauteindruckes bei den verſchiedenen Farben in ähnlicher Weiſe zu beſtimmen. Wechſelten ſchwarze Sectoren mit weißen, gelben, rothen oder blauen ab, ſo zeigten ſich in je vier Verſuchen folgende Werthe:

Fig. 182.

	Dauer des Umlaufes in Tertien.		
	Maximum.	Minimum.	Medium.
Weiß	11,88	10,92	11,48
Gelb	12,12	11,52	11,94
Roth	14,88	13,44	13,94
Blau	19,38	15,84	17,66

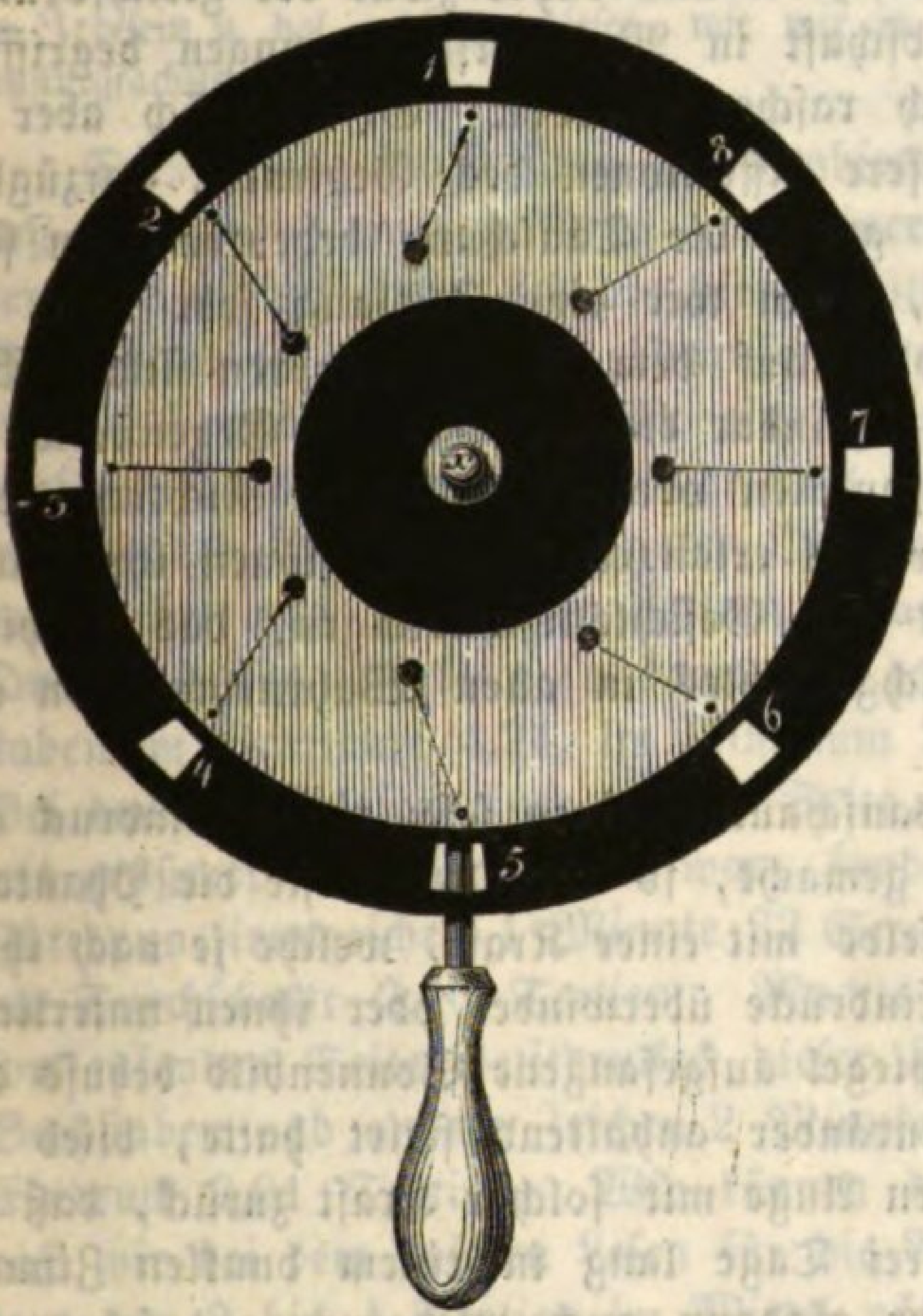
Hier findet ſich alſo gerade das Umgekehrte, wie bei dem Radapparate, d. h. das Blau erzeugt verhältnißmäßig den längſten, das Weiß den kürzeſten Eindruck. Plateau glaubt dieſes daraus erklären zu können, daß das Blau zwar eine abſolut ſchwächere Impreſſion macht, aber verhältnißmäßig langſamer verſchwindet, ungefähr wie ein kälterer Körper minder raſch als ein heißer erkaltet. Ob dieſe Hypotheſe richtig ſei oder nicht, ſteht dahin.

Auf ähnlichen Verhältniſſen beruht die Conſtruction der optiſchen Drehſcheiben oder der von Plateau [1]) und Stampfer erfundenen Wunderſcheiben (Phaenakistoskop,

[1]) Annales de Chimie et Physique. Vol. LIII. Paris, 1833. 8. p. 304—308.

Phantasmaskop, ſtroboſkopiſche Scheiben). Malt man z. B. auf die eine Seite einer Scheibe das Gitterwerk eines Gefängnißfenſters und auf die andere in der Mitte den Kopf eines Menſchen und dreht das Ganze ſehr ſchnell um ſeine Achſe, ſo hat es das Anſehen, als ſehe man einen Menſchen, der durch das Gitter blickt, abgebildet. Der Eindruck des letzteren iſt nämlich noch nicht verwiſcht, wenn ſchon der des Kopfes folgt. Da aber beide in dieſelbe Gegend fallen, ſo combinirt ſie die Phantaſie zu einem denkbaren Bilde zuſammen. Die Wunderſcheibe beſteht aus einer 6 bis 10 Zoll im Durchmeſſer haltenden runden Tafel, Fig. 183, welche um eine in ihrem Mittelpunkte befindliche Achſe x ſehr raſch gedreht zu werden vermag. An ihrem Rande befindet ſich eine Reihe von Durchſichtsöffnungen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, welche eine beſtimmte gleiche Größe und dieſelben Diſtanzen von einander haben. Innerhalb des Kreistheiles, welcher dieſe Oeffnungen beſitzt, befindet ſich eine kleinere Kreisſcheibe, auf welcher derſelbe Gegenſtand ſo viel Mal, als Oeffnungen vorhanden ſind, in mannigfachen ſucceſſiven Stellungen ſeiner Bewegung, in der beiliegenden Figur z. B. ein ſchwingendes Pendel abgebildet iſt. Hält man nun das Ganze vor einem Spiegel, ſo daß dieſer die Zeichnung wiedergiebt, blickt durch eine der Oeffnungen und dreht nun die Scheibe raſch herum, ſo ſieht das Auge, indem immer ein anderes Loch und eine andere vor den übrigen deutliche Figur vorbeigeht, die verſchiedenen ſucceſſiven Stellungen raſch hinter einander und zwar in einem Augenblicke mit größter, ſonſt dagegen mit zu- oder abnehmender Deutlichkeit. Erfolgt nun dieſer Wechſel in kürzerer Zeit, als die Dauer des Netzhauteindruckes beträgt, ſo combiniren wir die Anſchauung zur Darſtellung einer Totalbewegung, d. h. es kommt uns vor, als ſchwinge das Pendel, während wir bei langſameren Umdrehungen jedes einzelne Bild iſolirt, wie es wahrhaft iſt, auffaſſen. Auf ſolche Art kann man die Täuſchung von gehenden, tanzenden, ſpielenden Menſchen, ſpringenden Thieren u. dgl. beliebig hervorrufen. Auf ähnlichen optiſch-phyſiologiſchen Grundſätzen beruht auch das ſogenannte Horner'ſche Daedaleum [1].

Fig. 183.



Da aber die Dauer des Netzhauteindruckes keine bloß optiſche, ſon- 1131
dern eine zum Theil pſychologiſche Erſcheinung iſt, ſo hängt ihre Größe auch noch zu einem bedeutenden Theile von geiſtigen Momenten ab. Je aufmerkſamer und anhaltender wir nämlich einen Gegenſtand betrachtet haben, einen je tieferen Eindruck er auf unſer Gehirn gemacht, um ſo zäher und ſtärker bleibt er in dem ſubjectiven Geſichtsfelde zurück. Sehen wir von einer Brücke nur kurze Zeit in einen ſtark ſtrömenden Fluß, ſo verliert ſich der Eindruck, ſo wie wir den Blick wegwenden. Dauerte da-

[1] Poggendorff's Annalen. Bd XXXII. Leipzig, 1834. 8. S. 650 – 55. The London and Edinburgh Philosophical magazine London, 1834. January p. 36.

gegen die Betrachtung länger, ſo nehmen wir auf dem Erdboden oder jedem anderen gleichförmigen Grunde, den wir unmittelbar darauf ins Auge faſſen, eine Wellenbewegung wahr. Es iſt, als ob nun noch unſere Retina, welche durch die von den Wellen ausſtrömenden ſchwankenden Lichtſtrahlen in Affection geſetzt worden, nachzitterte und daher jede andere eintönige Geſichtsanſchauung wellig machte. Iſt dieſe Stimmung der Netzhaut nicht tief begründet, ſo wird ſie durch andere ſtärkere Eindrücke leicht überwunden. Es erſcheint uns daher zwar der gleichförmige Erdboden, nicht aber eine Landſchaft in Wellenerſchütterungen begriffen. Das Phänomen geht dann auch raſcher vorüber. Geſellen ſich aber zu den veranlaſſenden Urſachen tiefere Affectionen des Gehirnes, vorzüglich Schwindelanregungen hinzu, ſo greift die Täuſchung bedeutend um ſich. Wir haben ſie daher intenſiver, wenn wir eine Zeitlang ſehr raſch im Wagen, auf einer Eiſenbahn oder auf dem Meere gefahren ſind. Wir ſehen und fühlen noch, daß ſich ſcheinbar die umgebenden Gegenſtände in einer uns entgegengeſetzten horizontalen oder ſchwankenden Richtung fortbewegen. Bei dem ächten Schwindel erlangen dieſe Illuſionen ihr Maximum, indem der Centralpunkt der Geſichtsanſchauungen, das Gehirn, ſeine eigene Störung des Gleichgewichtes in allen Wahrnehmungen abſpiegelt.

1132 Hat eine objective Geſichtsanſchauung einen ſehr tiefen Eindruck auf unſer Auge oder unſer Gehirn gemacht, ſo reproducirt ſie die Phantaſie in unſerem ſubjectiven Geſichtsfelde mit einer Kraft, welche je nach ihrer Intenſität die der objectiven Eindrücke überwindet oder ihnen unterliegt. Als Newton das in einem Spiegel aufgefangene Sonnenbild behufs des Studiums der ſubjectiven Farbenränder anhaltend fixirt hatte, blieb die Erſcheinung in ſeinem überreizten Auge mit ſolcher Kraft zurück, daß er, um ſeine Retina zu ſtärken, drei Tage lang in einem dunklen Zimmer bleiben mußte. Konnte er aber alsdann auch wiederum gut ſehen, ſo erſchien doch das Spectrum nach dem Schließen der Augen noch nach Wochen wieder. Alle gewöhnlichen Geſichtsanſchauungen können eben ſo eine Zeitlang willkürlich im ſubjectiven Geſichtsfelde feſtgehalten werden und dieſe Fähigkeit, verbunden mit der Dauer des Netzhauteindruckes überhaupt, macht das Blinzeln der Augenlider minder ſtörend als es ſonſt ſein müßte. Hat ſich aber ein Menſch mit einem Gegenſtande, wie dieſes bei der Verfertigung oder Betrachtung eines Gemäldes, bei intereſſanten mikroſkopiſchen oder aſtronomiſchen Unterſuchungen vorkommt, unausgeſetzt und unter beſonderer Feſſelung der Aufmerkſamkeit beſchäftigt, ſo kehrt das Bild deſſelben ſelbſt Tage lang noch unwillkürlich mit der größten Deutlichkeit in dem ſubjectiven Geſichtsfelde wieder. Nicht mit Unrecht hat man dieſe Erſcheinung als eine Thätigkeit des Gedächtniſſes des Sinnesorganes oder vielmehr als eine objectivirte Erinnerung des Gehirns aufgefaßt (Purkinje [1]), Henle).

---

[1]) J. Purkinje Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Prag, 1819. 8. S. 166.

Die letzteren verſchiedenartigen Nachbilder, welche in pſychologiſchen Momenten ihren Grund haben, unterſcheiden ſich von den ſpäter zu betrachtenden Blendungsbildern, die aus objectiven Verhältniſſen des Sehens hervorgehen. Denn während dieſe zum Theil ihrer Erſcheinung und Zeitdauer nach äußeren Bedingungen gehorchen, hängen die Nachbilder mehr von Aufmerkſamkeit, Phantaſie und Wille ab und liefern daher auch körperlichere, von den Bewegungen des Auges und des Menſchen unabhängigere Vorſtellungen als jene. Es verſteht ſich aber von ſelbſt, daß die ſubjective Auffaſſung objective Geſichtserſcheinungen und Blendungsbilder, ja ſelbſt die rein ſubjectiven Geſichtsphänomene dergeſtalt verändern kann, daß ihre Conſtanz und Sicherheit ſo gut als gänzlich verloren geht. Die phantaſtiſchen Geſichtserſcheinungen im Wachen, im Rauſch, im Traume, im Irreſein u. dgl. erhärten dieſes, wie wir in der Folge noch ſehen werden, auf die mannigfachſte Weiſe.

Die genaue Auffaſſung eines objectiven Geſichtseindruckes erfordert, 1133
daß ein Bild eine Zeitlang auf einer beſtimmten Stelle der Netzhaut verharre. Verkleinert ſich die hierzu nöthige Zeitgröße, ſo ſehen wir den Gegenſtand in undeutlichen Umriſſen oder nebelig oder gar nicht. Aus dieſem Grunde entgeht z. B. eine losgeſchoſſene Kugel unſerem Blicke. Welches Minimum von Zeit übrigens bei gehöriger Uebung zu einer befriedigenden Auffaſſung bekannter Objecte gehört, ſehen wir am beſten bei dem Leſen uns geläufiger Lettern. Las ich nur je eine Zeile größeren Druckes dieſes Werkes, ſo kamen in zehn Verſuchen auf je einen Buchſtaben im Maximum 4,21, im Minimum 2,34 und im Mittel 3,330 Tertien. Bei dem Durchleſen einer ganzen Seite, die keinen Abſatz hatte und bloß mit größerer Schrift gedruckt war, fanden ſich für 2629 Buchſtaben und Interpunctionszeichen 1 Minute 32 Secunden. Dieſes giebt für ein Bild im Durchſchnitt 2,10 Tertien. Machte ich denſelben Verſuch mit einer fortlaufenden Seite Petitdruckes dieſer Arbeit, ſo brauchte ich für 3944 Buchſtaben und andere Zeichen 2 Minuten 12 Secunden, mithin für einen Eindruck 2,01 Tertien. Wir können daher im Allgemeinen annehmen, daß wir bei dem raſchen Leſen für die Auffaſſung jedes einzelnen Charakters nur 2 bis 4 Tertien im Mittel nöthig haben.

Dieſe kleinen Werthe können uns nicht befremden, wenn wir bedenken, daß wir mehrere Buchſtaben zu gleicher Zeit mit Deutlichkeit zu fixiren im Stande ſind. Faſſe ich z. B., was mir leicht wird, in demſelben Momente 3 bis 4 zuſammen auf, ſo kommen 6—16 Tertien auf eine Perception, mithin eine längere Zeit, als eine Dauer eines Netzhauteindruckes unter den allergünſtigſten Verhältniſſen erfordert (§. 1130).

Um die Größe der Bewegung, bei welcher das Bild nebelig und unkenntlich wird, zu finden, befeſtigte Schmidt einen in 4 weiße und ſchwarze Felder eingetheilten Würfel an einer Haspel, ließ die letztere ſchnell drehen und betrachtete das Ganze aus 28,5 Zoll Entfernung. Die erſteren verſchwanden bei einer Winkelgeſchwindigkeit von 198° 51′, die letzteren bei einer ſolchen von 265° 8′ in der Zeitſecunde [1].

Gehen wir nun zu der ſubjectiven Auffaſſung der Farben über, 1134
ſo müſſen dieſe, je nach ihrer verſchiedenen Natur, differente Eindrücke auf der Netzhaut veranlaſſen. Halten wir uns an die Undulationstheorie des Lichtes, welche in den Interferenzerſcheinungen deſſelben und vielen anderen optiſchen Phänomenen eine ſo breite Baſis und Sicherheit gewonnen hat, ſo unterſcheiden ſich die verſchiedenfarbigen Lichtſtrahlen von ein-

[1]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. IV. Leipzig, 1828. 8. S. 1459.

ander durch die Länge ihrer Undulationen und die Zahl der Schwingungen des Lichtäthers, die auf die Secunde kommen. Setzen wir nämlich diejenige Färbung, welche in erſterer Beziehung die kleinſten, in letzterer die größten Werthe giebt, nämlich das äußerſte Violett = 1, ſo erhalten wir für dieſe Verhältniſſe folgende Ueberſicht [1]):

Farbe.	Lichtwellen.	
	Länge derſelben, die des äußerſten Violett = 0,0000167 engl. Zolles = 1 geſetzt.	Relative Zahl der Schwingungen in der Secunde, die des äußerſten Violett = 727 Billionen = 1, bei einer Geſchwindigkeit des Lichtes von 192000 Meil. in der Secunde.
Aeußerſtes Violet.	1,0000	1,0000
Violett.	1,0419	0,9615
Mittlere Farbe.	1,0839	0,9244
Dunkelblau.	1,1078	0,9051
Mittlere Farbe.	1,1317	0,8858
Blau.	1,1736	0,8556
Mittlere Farbe.	1,2156	0,8253
Grün.	1,2635	0,7937
Mittlere Farbe.	1,3114	0,7634
Gelb.	1,3593	0,7359
Mittlere Farbe.	1,4072	0,7111
Orange.	1,4371	0,6960
Mittlere Farbe.	1,4730	0,6809
Roth.	1,5330	0,6575
Aeußerſtes Roth.	1,5928	0,6300

Wir ſehen mithin, daß die Länge der Lichtwellen in der Farbenſkala um etwas mehr als $1/2$ oder beinahe $3/5$ zunimmt, während ſich umgekehrt die Zahl der Oscillationen des Aethers in der Secunde in gleichem Maaße verringert. Wenn nun die Lichtſtrahlen mit einer dieſer eigenthümlichen Welleneigenſchaften die Netzhaut treffen, ſo müſſen ſie eine beſtimmte Beſchaffenheit des Eindruckes, d. h. die Perception einer gewiſſen Farbe veranlaſſen. Hierbei wird es wieder für den Endeffect vollkommen gleichgültig bleiben, ob dieſe Einwirkung der Lichtwellen durch äußere oder innere Verhältniſſe in einer gewiſſen eigenthümlichen Weiſe modificirt wird. Wir haben daher auch hier ein objectives und ein ſubjectives Farbenſehen.

1135 Denken wir uns, daß die Lichtoscillationen die Netzhaut in ähnlicher Art, wie die Schallwellen der Luft ein muſikaliſches Inſtrument in

[1]) Dieſe Tabelle iſt nach den von Herſchel vom Licht (überſetzt von Schmidt. Stuttgart und Tübingen, 1831. 8. S. 307) gegebenen Grundwerthen berechnet.

Schwingungen verſetzen und zur Reſonanz, d. h. zur ſubjectiven Wahrnehmung der Farbe bringen, ſo muß die Tönung je nach Verſchiedenheit der Netzhäute ungleich ausfallen. Sie wird ſich bei der geringſten Abweichung der Molecule ändern, ungefähr wie zwei gleiche Inſtrumente aus denſelben Urſachen einen unterſcheidbaren Timbre hervorrufen. Es kann daher kaum je ein Menſch die Farben ſo wie ein anderer wahrnehmen. Die hierdurch entſtehenden Diſſonanzen aber werden dadurch, daß ſie ſich durch die ganze Anſchauung und die Sprach- und Ausdrucksweiſe des Individuums durchziehen, faſt gänzlich verdeckt und kommen nur höchſtens bei einzelnen frappanten Gegenſtänden zum Vorſchein. Denn wenn z. B. eine Perſon ein reines Grün, die andere dagegen ein gelbliches Grün unter den gleichen Verhältniſſen wahrnimmt, ſo bezeichnen es beide mit denſelben Worten. Erſt charakteriſtiſche Farbenmiſchungen, bei welchen der Zuſatz des Gelb in der Auffaſſung des Ganzen von Einfluß iſt, ſind im Stande, Fehler und Unvollkommenheiten der Art nachzuweiſen. In der That zeigt auch keine Thätigkeit des Sehens ſo viele Abweichungen als eben die Wahrnehmung der Farben. Sie gelangt aber auch bei den meiſten Menſchen ſo wenig zum Bewußtſein, daß der größte Theil der Individuen, welche an unrichtiger Farbenauffaſſung leiden, ihr ganzes Leben hindurch von ſolchen Infirmitäten, ſo lange ſie unbedeutend ſind, nicht die geringſte Ahnung erhalten.

Eigenthümliche bedeutende Fehler der Art ſind im Ganzen nicht ſehr ſelten. Manche Menſchen z. B. ſehen Weiß, Gelb, Rothgelb, Gelbroth, Grau und Schwarz ganz gut, können dagegen nicht Roſenfarben, Blau und Violett, ſo wie Grün und Dunkelorange und vorzüglich Rothbraun von einander unterſcheiden (Göthe)[1]. A. Seebeck[2], dem man die ausführlichſten Unterſuchungen in dieſer Beziehung verdankt, nimmt vorzüglich zwei Hauptklaſſen an. Bei der einen werden bedeutende Verwechſelungen rückſichtlich des Grades, geringere dagegen in Betreff der Art der Färbung begangen. Solche Individuen unterſcheiden z. B. nicht helles Orange und reines Gelb; geſättigtes Orange, helles Gelblich- oder Bräunlichgrün und Gelbbraun; reines Hellgrün, Graubraun und Fleiſchfarben; Roſenroth, Grün (mehr bläulich als gelblich) und Grau; Carmoiſin, Dunkelgrün und Haarbraun; Bläulichgrün und unreines Violett; Lila und Blaugrau; Himmelblau, Graublau und Blaulila. Alle dieſe Perſonen empfinden den ſpecifiſchen Eindruck der Farben mangelhaft und zwar Roth nebſt dem complementären Grün am unvollkommenſten. Für Gelb haben ſie noch die meiſte Empfänglichkeit, unterſcheiden jedoch ſelbſt dieſes weniger ſcharf als Leute mit geſunden Augen. Bei einer anderen Klaſſe von Menſchen dagegen, welche zum Theil die von Göthe ſogenannte Akyanoblepſie darbieten, iſt die Perception der am wenigſten brechbaren Strahlen am meiſten geſchwächt. Sie erkennen daher Gelb ſehr gut, und unterſcheiden Roth und Blau weit unvollkommener, als jene zuerſt erwähnten Individuen. Sie verwechſeln Hellorange, Grünlichgelb, Bräunlichgelb und reines Gelb; lebhaftes Orange, Gelbbraun und Grasgrün; Ziegelroth, Roſtbraun und Dunkelolivengrün; Zinnoberroth und Dunkelbraun; Dunkelkarminroth und Schwärzlichblaugrün; Fleiſchroth, Graubraun und Bläulichgrün; mattes Bläulichgrün und Grau (etwas bräunlich); unreines Roſa (etwas gelblich) und reines Grau; Roſenroth, Lila, Himmelblau und Grau (etwas ins Lila fallend); Carmoiſinroth und Violett, endlich Dunkelviolett und Dunkelblau. Vergl. J. Butter in The Edinburgh Philosophical Journal. Vol. VI. 1822. 8. p. 135—41. Auch über ſolche Fehler ſ. Szokalski essai sur les sensations des couleurs dans l'état physiologique et pathologique de l'oeil. Paris, 1841. 8. p. 57 fgg. Aehnliche individuelle Eigenthümlich-

---

[1]) Farbenlehre Bd. I. Stuttgart und Tübingen, 1812. 8. S. 103—108.
[2]) Poggendorff's Annalen. Bd. 42. Leipzig, 1837. 8. S. 177—234.

keiten bedingen es auch, daß manchen Malern das Gefühl für Harmonie der Farben, für leiſe Gegenſätze und Uebergänge derſelben abgeht, während andere beſonders warme oder kalte Töne ihren Zeichnungen verleihen. Manche Amblyopiſche erkennen zwar noch die Gegenſtände, ſehen aber lebhafte Farbenbilder wie Löcher. Siehe Szokalſki a. a. O. p. 23.

Einzelne unrichtige Auffaſſungen der Art können auch durch erworbene Krankheiten des Auges bedingt werden. Staarkranke mit bedeutender Trübung der Kryſtalllinſe nehmen bisweilen einen rothen Schein wahr [1]), ſehen dagegen die Objecte unmittelbar nach der Operation häufig blau gefärbt (Sichel und Szokalſki) [2]). Gelbſüchtigen erſcheinen nicht ſelten weiße Gegenſtände gelb und gefärbte in Farbennüancen, die einer Beimiſchung von Gelb entſprechen. Bei manchen organiſchen Veränderungen der brechenden Medien oder krankhaften Affectionen der Netzhaut ſelbſt ſtellt ſich eine ſo bedeutende Chromaſie des Auges ein, daß die Farbenränder der ſelbſt in der natürlichen Sehweite wahrgenommenen Objecte auffallender und ſtörend werden. Man bezeichnet einen ſolchen Zuſtand in der Augenheilkunde mit dem Namen der Chrupsia oculi. Ob der Umſtand, daß die Sonne oder der Mond einzelnen Luftſchiffern blutroth erſchien, hierher gehöre (Göthe) oder nicht, ſteht dahin. Ueber die Farbenauffaſſung von Albinos ſiehe G. T. L. Sachs historiae naturalis duorum Leucaethiopum Particula secunda. Erlangae, 1812. 8. p. 74 fgg.

1136 Die Beurtheilung des Lichtes und Schattens ſo wie der einzelnen Farbenſäume hängt auf eine weſentliche Weiſe von der Beleuchtung und Färbung benachbarter Gegenſtände ab. Bei ſtärkerem Lichte z. B. erſcheinen uns Objecte grau, die uns früher als weiß vorkamen. Legt man eine weiße Oblate auf helles weißes Poſtpapier und dann auf graues Schreibpapier, ſo kommt ſie den meiſten Menſchen im erſteren Falle grauer oder unreiner weiß vor. Jedoch giebt es auch Einzelne, bei denen gerade der entgegengeſetzte Erfolg eintritt. Aus denſelben Urſachen heben ſich dunkle Farben auf hellem Grunde und umgekehrt am meiſten. Daher auch Kinder, wilde Völker und überhaupt auf keiner hohen Civiliſationsſtufe ſtehende Menſchen ſolche Farbencontraſte in ihren Kleidungen, Zeichnungen u. dgl. vorzugsweiſe lieben. In allen ſolchen Fällen werden die aliquoten Theile der Netzhaut zu ſehr ungleichen Reſonanzen angeregt. Die Differenz der Empfindung tritt ſchärfer hervor. Die Retina arbeitet angeſtrengter und ermüdet daher auch leichter. Das gebildete Auge zieht deshalb ſolchen Eindrücken die leiſeren der allmäligeren Farbenübergänge und der geringeren Gegenſätze wenigſtens für die Dauer und das Verweilen des Blickes vor.

Ueber die äſthetiſchen Wirkungen der Farben ſiehe Göthe Farbenlehre. Thl. I. §. 765 fgg.

1137 Eine große Reihe von ſubjectiven Farbenerſcheinungen entſteht dadurch, daß die überreizte Netzhaut gleichſam ermüdet wird und entweder an den afficirten Stellen ſelbſt oder in deren Nachbarſchaft Färbungen erzeugt, welche nicht in den objectiven ſichtbaren Gegenſtänden ſelbſt liegen. Da dieſe Phänomene, wie alle ſubjectiven Verhältniſſe, nach Individualität und Stimmungszuſtänden variiren, ſo nannte man ſie auch zufällige, accidentelle, phyſiologiſche oder pathologiſche Farben oder Ocularſpectra. Kranke, ſehr reizbare Augen, Netzhäute, welche in Gefahr ſtehen, gelähmt zu werden oder amaurotiſche Leiden hervorzurufen,

[1]) Göthe a. a. O. S. 132

[2]) V. Szokalski essai sur les sensations des couleurs. Paris, 1841. 8. p. 132.

bringen dieſe Erſcheinungen, welche auch durch Uebung und Aufmerkſamkeit beſſer als ſonſt aufgefaßt werden, am leichteſten und intenſivſten hervor. Eben ſo hat auch auf ſie der actuelle Zuſtand der Irritabilität der Retina einen weſentlichen Einfluß.

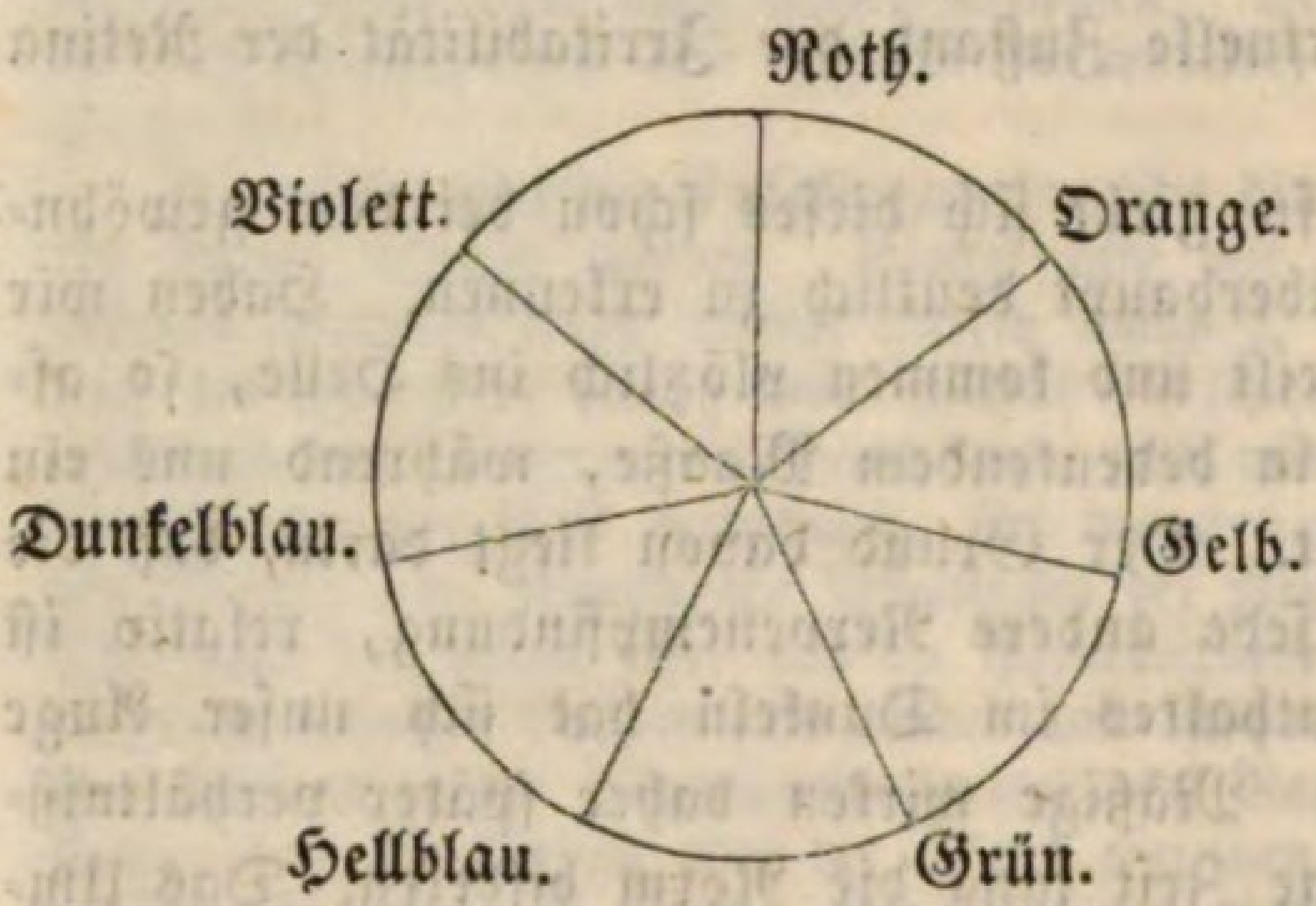
Was das letztere betrifft, ſo giebt ſich dieſes ſchon bei dem gewöhn- 1138
lichen Sehen der Gegenſtände überhaupt deutlich zu erkennen. Haben wir eine Zeitlang im Finſtern verweilt und kommen plötzlich ins Helle, ſo afficirt uns ſchon das Tageslicht in bedeutendem Maaße, während uns ein helles Sonnenlicht heftig blendet. Der Grund davon liegt darin, daß die Perception der Netzhaut, wie jede andere Nervenempfindung, relativ iſt (§. 139). Während des Anfenthaltes im Dunkeln hat ſich unſer Auge nur an geringe Reize gewöhnt. Mäßige wirken daher ſpäter verhältnißmäßig heftiger, als wenn ſie eine Zeit lang die Norm bildeten. Das Umgekehrte findet in Betreff der Schärfe der Auffaſſung Statt. Treten wir in einen düſteren Raum, ſo muß ſich unſer Auge erſt allmälig an dieſe unvollkommnere Beleuchtung gewöhnen, wenn wir einzelne Gegenſtände genauer erkennen ſollen.

Aehnliche Verhältniſſe gelten auch für die Nachbilder, welche durch 1139
anhaltende Betrachtung eines hellen Objectes entſtehen. Haben wir z. B. eine Zeitlang ein weißes Fenſterkreuz unverwandt angeſchaut, ſchließen dann die Augen und halten mittelſt unſerer Hände alles äußere Licht ab, ſo ſehen wir das Nachbild in derſelben weißen Farbe, die es bei dem objectiven Geſichtseindrucke darbot. Laſſen wir dagegen durch die nicht weiter beſchützten Augendeckel helles Tageslicht oder Sonnenlicht einfallen, ſo kehrt ſich die Farbe des Nachbildes um und wird grau oder ſchwarz. Noch deutlicher hat man denſelben Erfolg, wenn man den Augapfel plötzlich hinwegwendet und ein glänzend weißes Papier betrachtet. Die früher nicht afficirten Stellen der Netzhaut faſſen dann das weiße mit vollſter Kraft auf, gegen dieſe Anſchauung ſticht aber das Nachbild grau bis grauſchwarz ab.

Aehnliche Geſetze wiederholen ſich bei den einzelnen Farben. Fixiren 1140
wir eine Zeitlang eine rothe Oblate, welche auf einem weißen Papier liegt, und ſchieben ſie dann fort, ſo erſcheint uns ein blaugrüner Kreis, welcher genau die Größe der früheren Oblate hat. Das Phänomen kehrt auf ſchwarzem Grunde in ähnlicher Art wieder, nur daß eine längere Fixation nothwendig wird und das Nachbild ein dunkleres Colorit darbietet. Die anhaltende Betrachtung von Orange erzeugt Blau, die von Gelb ein dunkleres Blau, die von Grün ein Röthlichviolett, die von Hellblau Orangeroth, die von Dunkelblau Orangegelb und die von Violett Gelblichgrün im Nachbilde. Man nennt dieſe zweite Färbung die Ergänzungs- oder complementäre oder entgegengeſetzte Farbe.

Das Hauptgeſetz, welches dieſen Erſcheinungen zum Grunde liegt, 1141
läßt ſich folgendermaßen ausdrücken. Nimmt man die Breite des vollſtändigen Sonnenſpectrums = 1 an, ſo ſuche man in einer Diſtanz = ½ die Farbe, welche als Ergänzungsfarbe des objectiven gefärbten Gegenſtandes

Fig. 184.



auftritt. Wollen wir uns dieſes diagrammatiſch verſinnlichen, ſo theilen wir einen Kreis durch ſieben Radien, die in gleichen Winkeln (von 51°,4285) von einander abſtehen und ſetzen an jeden derſelben eine der ſieben Hauptfarben des Prismas. Der halbe Kreisbogen wird uns dann von ſelbſt die geforderte Ergänzungsfarbe anzeigen. Beiderlei complementäre Färbungen mit einander gemiſcht, müſſen weiß geben.

Auf gleiche Art können wir aus der oben §. 1134 verzeichneten Tabelle der Zahl der Aetherſchwingungen der einzelnen farbigen Strahlen die Ergänzungsfarbe durch eine einfache Rechnung finden. Das äußerſte Violette mit ſeinen 727 Billionen Undulationen = 1 geſetzt, beträgt die äußerſten Roth 0,6300. Wir erhalten mithin für die halbe Differenz das Minimum und Maximum 0,1850. Wir haben dann nur nöthig, dieſen Werth zu der relativen Schwingungszahl einer beſtimmten Farbe hinzuzufügen, um ihre complementäre Farbe zu finden. Auf dieſe Weiſe ergiebt ſich z. B.

Urſprüngliche Farbe.	Berechnung.	Ergänzungsfarbe.
Roth.	0,6575 + 0,1850 = 0,8425	Blaugrünlich.
Orange.	0,6960 + 0,1850 = 0,8810	Blau.
Gelb.	0,7359 + 0,1850 = 0,9209	Zwiſchen Dunkelblau und Violett.
Grün.	0,7937 + 0,1850 = 0,9787	Violett bis äußerſtes (röthliches) Violett.
Hellblau.	0,8556 — 0,1850 = 0,6706	Zwiſchen Roth und Orange.
Dunkelblau.	0,9051 — 0,1850 = 0,7201	Zwiſchen Orange und Gelb.
Violett.	0,9615 — 0,1850 = 0,7765	Gelblichgrün.

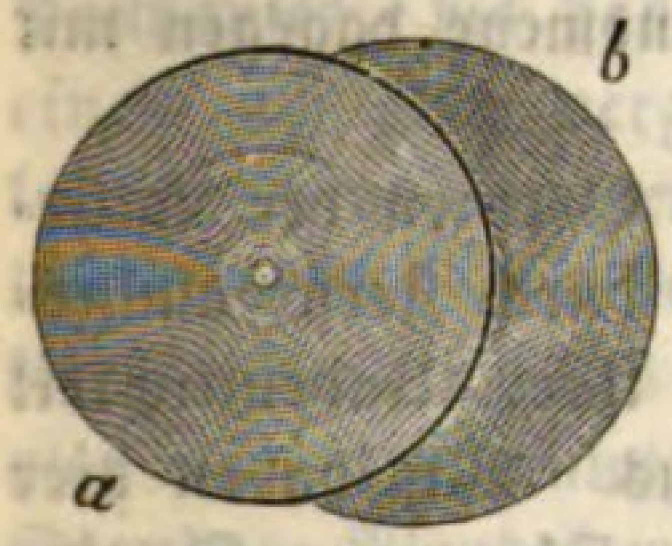
Die ältere Erklärung dieſer Erſcheinung beſteht darin, daß die Netzhaut, wenn ſie eine Zeitlang eine Farbe geſehen hat, für die fernere Auffaſſung von dieſer abgeſtumpft und daher für die Strahlen der Ergänzungsfarbe, d. h. derjenigen, welche mit ihr weiß giebt, empfindlicher wird. Plateau[1]) wandte gegen dieſe Anſicht ein, daß man auch complementäre Farben in der vollſtändigſten Dunkelheit ſehen könne. Er glaubt daher, daß die Ergänzungsfarben aus einem entgegengeſetzten Zuſtande entſpringen, welchen die Netzhaut nach dem Aufhören der unmittelbaren Eindrücke freiwillig annehme. Fech-

[1]) Poggendorff's Annalen Bd. XXXII. Leipzig, 1834. 8. S. 543.

ner [1]) vertheidigte aber die ältere Vorſtellung durch eine Reihe von Schlüſſen und Verſuchen und hob mit Recht hervor, daß kein ſichtlicher Grund für die Annahme einer freiwilligen Reaction der Netzhaut vorliege. Jedoch bedürfen die hierher gehörenden Erſcheinungen noch einer genaueren theoretiſchen, auf einer beſtimmten optiſchen Theorie baſirten Erörterung. Das meiſte und gründlichſte empiriſche Material über die Ergänzungs- und die bald zu erwähnenden Contraſtfarben lieferte Fechner in Poggendorff's Annalen. Bd. XLIV. Leipzig, 1838. 8. S. 221 fgg. und S. 513 fgg. Bd. XLV. Leipzig, 1838. 8. S. 227 fgg. Bd. L. Leipzig, 1840. 8. S. 193 fgg. und S. 427 fgg. Vergl. auch Chevreul de la loi du contraste simultane des couleurs et de ses applications. Paris, 1839. 8. Szokalski a. a. O. p. 57 fgg. Th. Smith in The Edinburgh Philosophical Journal. Vol. III. Edinburgh, 1820. 8. p. 92—100. Plateau in den Annales de Chimie et Physique. Vol. LIII. 1833. 8. p. 386.

Da die Ergänzungsfarbe eine ſubjective Thätigkeitsäußerung der Netz- 1142
haut bildet und als ſolche an eine früher gereizte Stelle derſelben gebunden iſt, ſo muß ſie in dem Geſichtsfelde den Bewegungen des Auges folgen, während gleichzeitig wahrgenommene objective Bilder auf der Retina fortrücken und daher dann von dem farbigen Complementärbilde abweichen. Man kann ſich leicht von der Richtigkeit dieſes ſich ſelbſt ergebenden Schluſſes durch folgenden Verſuch überzeugen. Man betrachte z. B. eine rothe, auf hellweißem Poſtpapier gelegene Oblate ſo lange mit einem Auge, bis man die Ermüdung der Netzhaut und des Bulbus ſpürt. Verrückt man nun den letzteren nach innen, ſo ſieht man den complementären blaugrünlichen Kreis b zum Theil neben dem rothen objectiven Bilde a. Wo beide Kreiſe einander decken, entſteht eine Miſchungsfarbe, ſobald der complementäre Eindruck ſehr heftig iſt. Bei Menſchen dagegen, welche die Ergänzungsfarben überhaupt minder lebhaft ſehen, herrſcht in der Regel die intenſivere objective Färbung vor.

Fig. 185.



Dieſe Complementärfarben bedingen es bisweilen, daß eine Geſammt- 1143
auffaſſung in einem veränderten Zuſtande hervortritt. Wir machen dieſe Erfahrung am leichteſten, wenn wir uns in einem Sommerhauſe befinden, das gelbe, rothe, violette Fenſterſcheiben hat und durch welches nicht ſelten Gebirgsgegenden einen ſo reizenden Zauber nachgeahmter Beleuchtung der Morgenröthe oder einer von der Sonne beſchienenen Gewitterlandſchaft u. dgl. erhalten. Betrachtet man dann die äußeren Gegenſtände unmittelbar durch eine Fenſteröffnung, ſo erſcheinen ſie nicht in ihrer wahren Färbung, ſondern in der Ergänzungsfarbe, welche durch die Coloration der Fenſterſcheiben gefordert wird. Sind z. B. die letzteren gelb, ſo ſieht man nicht bloß den Himmel, ſondern auch weiße an ihm ſtehende Wolken intenſiv blau (Trechſel) [2]). Schon nach bloßer anhaltender Betrachtung der Objecte durch gefärbte Gläſer ſtellen ſich oft ſolche Complementärtäuſchungen ein. Verdeckt man die einzige, Licht einlaſſende Oeffnung eines dunkelen Zimmers mit einem grünen Tuche, welches ein kleines Loch hat, ſo erſcheinen durch dieſes der Himmel röthlich, das Grün der Bäume

1) Poggendorff's Annalen Bd. XLIV. Leipzig, 1838. 8. S. 514.
2) Bibliothèque universelle de Genève 1826. 8.

dagegen weißlich und matter. Das letztere wird, wenn das Tuch roth iſt, ſehr glänzend, während die rothen Ziegeldächer eine weißliche Teinte annehmen (Grotthuß)[1].

Hierher wird auch eine von Beer bemerkte chromatiſche Erſcheinung kranker Augen gerechnet. Läßt man nämlich einen Staaroperirten, der ſchon ſo weit iſt, daß er Farben erkennt, einen gelben auf einem weißen Grunde befindlichen Papierſtreifen betrachten, ſo verſchwindet das Gelb nach und nach vor einer intenſiv violetten Perception, die zuerſt am Rande auftritt, bald aber die ganze objective Farbe abſorbirt. Statt Blau erſcheint in gleichem Falle Orange und ſtatt Hellroth Grün.

1144 Dieſelbe Stelle der Netzhaut, welche vorher übermäßig gereizt worden, reagirte bei den zuletzt betrachteten Erſcheinungen der Nachbilder und der Ergänzungsfarben auf eine der Einwirkung entſprechende oder ſcheinbar entgegengeſetzte Weiſe. Der ſecundäre Erfolg ſetzte ſich der Zeit nach fort. Allein eine andere Reihe von Erſcheinungen erzeugt ſich dadurch, daß eine ſubjective räumliche Verbreitung von Eindrücken auf der Retina Statt findet, d. h. daß benachbarte Retinaſtellen, welche von dem äußeren Bilde gar nicht afficirt werden, in Thätigkeit gerathen. Auch hier ſtellen ſich dann gleichartige Vergrößerungen oder chromatiſche Abweichungen des Geſehenen oder beiderlei Verhältniſſe zugleich ein. Man umfaßt die bloßen Vermehrungserſcheinungen der Eindrücke mit dem Namen der Irradiation (Purkinje, Plateau), die farbigen Phänomene dagegen mit dem der ſubjectiven Contraſtfarben.

1145 Betrachten wir einen Gegenſtand außerhalb der Grenzen der natürlichen Sehweite, ſo entſteht eine Auffaſſung des Bildes durch Zerſtreuungskreiſe. Die Ränder der Perception dehnen ſich in ihrer Undeutlichkeit weiter, als dem richtigen Sehen entſprechen würde, aus. Wir haben hier eine leicht zu erklärende dioptriſche Irradiation, welche ſich, wenn ſie eine bedeutendere Stärke gewinnt, zur Wahrnehmung von Vergrößerungen ſteigert. Von dieſen Phänomenen ſind aber die Erſcheinungen der rein ſubjectiven Irradiation, welche bei dem Sehen innerhalb der Grenzen der natürlichen Sehweite auftritt, wohl zu unterſcheiden. Betrachten wir z. B. ein Kerzenlicht, welches in einem dunkelen Zimmer ſteht, genau, ſo dehnen ſich Strahlenbüſchel von der Hauptflamme nach verſchiedenen Richtungen aus. Die Details derſelben ſo wie ihre bisweilen hervortretenden chromatiſchen Verhältniſſe, wechſeln aber, je nachdem man die Beobachtung mit dem rechten oder dem linken Auge allein anſtellt (Purkinje, Fechner), wenn beide Bulbi ungleichſichtig ſind. Aehnliche Erfahrungen machen wir an dem Sonnenbilde, welches an einer Thermometerkugel, an einem geſchwärzten Uhrglaſe u. dgl. aufgefangen wird.

Denken wir uns, daß die Geſichtsthätigkeit der Netzhaut mittelſt Reſonanzſchwingungen, welche durch die eintretenden Lichtwellen bedingt werden, entſtehen, ſo läßt ſich ein Mittönen anderer Netzhauttheilchen wohl denken. Dieſe Nebenwirkung wird aber nur bei ſtärkeren Eindrücken deutlich zum Vorſchein kommen. Daher wächſt dann auch die Größe der Irra-

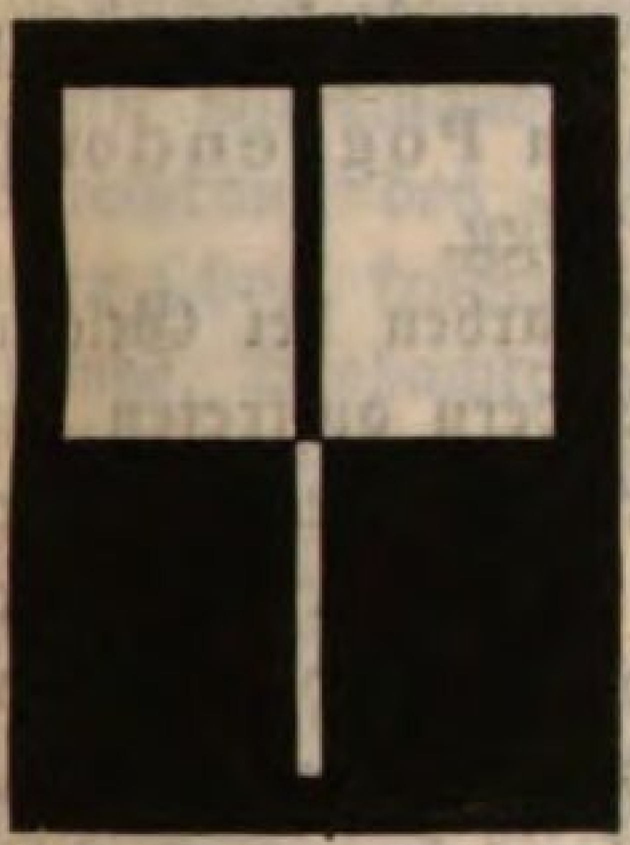
---

[1] Brandes in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. IV. Abth. I. Leipzig, 1827. 8. S. 122. 123.

diation mit zunehmender Lichtſtärke, erhöht ſich dagegen in einem bei wachſender Helligkeit ſtets abnehmenden Verhältniß (Plateau)[1].

Daß dieſe Erſcheinungen auch auf die ſcheinbare Größe der Gegen- 1146
ſtände von Einfluß ſind, lehrt folgender von Plateau angegebener Verſuch. Man ſtreicht eine Scheibe ſo an, daß in ihrer oberen Hälfte zwei große weiße Felder durch einen ſchwarzen Streif, in der unteren dagegen umgekehrt zwei ſchwarze Abtheilungen durch ein gleich breites weißes Band von einander getrennt werden. Betrachtet man das Ganze bei hellem Lichte in einer nach Verſchiedenheit der Augen wechſelnden Entfernung, ſo erſcheint der weiße Streifen breiter als der ſchwarze, weil ſein Eindruck und mithin auch ſeine Irradiation ſtärker iſt. Wir glauben daher, daß die beiden hellen Felder näher an einander als die beiden dunklen liegen.

Fig. 186.



Die Grundphänomene der Contraſtfarben zeigen ſich am leichteſten, 1147
wenn man farbige Objecte auf weißem, dunklerem oder ſchwarzem Grunde anhaltend betrachtet. Fixire ich z. B. eine rothe Oblate auf ſehr weißem Poſtpapier, bis das Auge zu ermüden anfängt, ſo umgiebt ſie ſich mit einem ſich bald vergrößernden blaugrünen Farbenſaume, der ſeinem Colorit nach vollkommen mit der Ergänzungsfarbe übereinſtimmt. Bei Orange tritt wieder Blau, bei Gelb Blauviolett, bei Grün Röthlichviolett, bei Dunkelblau ein tingirtes Gelb u. ſ. w. hervor. Auf ſchwarzem Grunde kommen die Erſcheinungen ſpäter, ja bei einzelnen Menſchen gar nicht zu Stande. Wendet man den Blick ab, ſo daß er auf einen anders gefärbten Grund fällt, ſo zeigen ſich mannichfache Abänderungen des combinirten Eindruckes[2]. Das ſubjective Nachbild wird heller oder dunkler als der Grund, auf dem man es betrachtet, je nachdem das Object verhältnißmäßig dunkler als ſeine Unterlage iſt oder nicht. Um das Nachbild entwickelt ſich aber immer ſeine eigene Complementärfarbe, d. h. die des urſprünglich Angeſchauten (Fechner).

In dieſelbe Kategorie gehören auch die farbigen Schatten, ſo 1148
weit ſie überhaupt nur ſubjectiver Natur ſind. Ein Theil derſelben nämlich beruht auf einfachen optiſchen Verhältniſſen. Wenn ein Körper in Folge eines farbloſen oder farbigen Lichtes einen Schatten wirft und dieſer ſeine Beleuchtung von einem farbigen Lichte erhält, ſo iſt natürlich die farbige Beſchaffenheit des Schattens rein objectiver Natur. Läßt man dagegen z. B. Licht durch ein roth gefärbtes Glas auf eine Fläche fallen, erzeugt auf dieſer mittelſt eines aufgeſtellten Gegenſtandes einen Schatten und beleuchtet ihn durch Tageslicht, ſo erſcheint er grünlich oder vielmehr in der complementären Farbe des Roth. Ebenſo zeigt er ſich bei Violett, Gelb,

[1] Poggendorff's Annalen. Leipzig, 1842. 8. Ergänzungsband. S. 79 fgg. Vergl. auch Tourtual in Müller's Archiv 1842. S. 40.

[2] Eine Reihe von Verſuchen und Beiſpielen der Art ſiehe bei Fechner in Poggendorff's Annalen. Bd. XXXIV. Leipzig, 1838. 8. S. 532—35.

Blau, Orange in den entgegengeſetzten Farben dieſes Lichtes. Jedoch iſt daneben vorhandenes weißes Licht zu ſeiner Bildung erforderlich. Im abſolut dunklen Raume fehlt daher die Erſcheinung (Grotthuß). Nähere Erläuterungen über dieſe Gegenſtände finden ſich in: Zſchokke die farbigen Schatten, ihr Entſtehen und ihr Geſetz. Aarau, 1826. 8. Tourtual über die Erscheinungen des Schattens und deren physiologische Bedingungen, nebst Bemerkungen über die wechselseitigen Verhältnisse der Farben. Berlin, 1830. 8. Pohlmann in Poggendorff's Annalen Bd. XXXVII. Leipzig, 1836. 8. S. 319 fgg.

1149 Eben ſo kommen auch nicht ſelten Complementärfarben bei Gelegenheit der chromatiſchen Erſcheinungen, die bei Doppelbildern auftreten, zum Vorſchein. Hält man z. B. einen weißen Papierſtreifen in einer Entfernung von 8 bis 12 Zoll von den Augen, läßt den einen derſelben durch ein Kerzenlicht beleuchten, den anderen dagegen beſchatten und blickt nach einem fernen Gegenſtande, ſo erſcheint der Papierſtreifen doppelt. Das eine Bild ſtellt ſich aber dem beleuchteten Auge blaugrün, das andere dem beſchatteten Orange bis Röthlich dar (Smith, Brewſter, Brandes, Joh. Müller). Siehe Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. IV. Abth. I. Leipzig, 1827. 8. S. 125. Th. Smith in the London and Edinburgh phil. Magazine. 1832. Oct. 249. Müller's Archiv. 1834. S. 144. 45.

1150 Die Nebenbilder, welche bei Anſtrengungen der Netzhaut entſtehen, können nach ſehr heftigen Reizungen ein ſolches Uebergewicht gewinnen, daß der urſprüngliche objective Geſichtseindruck vor ihnen in den Hintergrund tritt oder ſogar gänzlich verſchwindet. Fixire ich z. B. eine rothe Oblate auf weißem Poſtpapier anhaltend, ſo erſcheint zuerſt der in §. 1147 erwähnte blaugrünliche complementäre Saum. Die geringſte Verrückung des Bulbus bedingt dann die §. 1142 angeführte Wahrnehmung eines zweiten blaugrünlich gefärbten Kreiſes. Nur in einzelnen Fällen ſehe ich, beſonders wenn mein Auge ſchon etwas angeſtrengt iſt, einen ſchmalen gelbgrünlichen Kreis, welcher die Peripherie der Oblate umgiebt. Hält die Fixation länger an, ſo entſteht zwiſchen dem blaugrünen Umkreiſe und dem der Oblate ein intenſiverer, gelblicher, ſtärker leuchtender Kreis, der bald vollſtändig, bald unvollſtändig iſt. Auf der Oberfläche der rothen Oblate ſelbſt tritt nach und nach eine Menge glänzender weißlicher Flecke hervor. Das blaugrünliche Complementärbild zeigt ſich bei dem Abwenden des Blickes auf weißem oder grauem Grunde mit großer Vollſtändigkeit und Intenſität und gewinnt an Umfang. Wird die Beobachtung noch länger fortgeſetzt, ſo ſehe ich die Oblate immer undeutlicher, weil ſich die weißen glänzenden Wolken faſt über ihre ganze Fläche erſtrecken, bis endlich ihr Bild beinahe gänzlich verſchwindet. Wenn der Rand glänzender iſt, ſcheint ſich zugleich die Oblate mehr zu heben, ſo daß ich ſie für höher halte, als ſie mir bei richtigem Sehen vorkommt. Befindet ſie ſich auf ſchwarzem Grunde, ſo bildet ſich an ihrem Umkreiſe ein hellerer Saum, während ihre übrige Fläche dunkler, mit mehr Schwarz bedeckt und daher auch etwas vertiefter erſcheint. Dieſe Ab-

weichungen verurſachen mithin auch eine Täuſchung in der Perſpektive oder der Beurtheilung der Lage der einzelnen aliquoten Theile der noch wahrgenommenen Gegenſtände.

Wird das Auge durch die fortgeſetzte Anſchauung eines ſehr leuchten- 1151
den Objectes exceſſiv geblendet, ſo vereinigen ſich die Erſcheinungen von äußerſt intenſiven gleichartigen Nachbildern und chromatiſchen Begränzungen mit einander. Solche Phänomene treten am deutlichſten bei der Betrachtung des aufgefangenen ſtrahlenden Sonnenbildes hervor. Wir haben ſchon früher (§. 1132) eine von Newton gemachte, hierher gehörende Beobachtung dieſes von ihm ſogenannten Farben- oder Lichtphantomes erwähnt. Außer Aepinus und zum Theil Fechner hat ſich noch Brewſter [1]) mit dem genannten, das Geſichtsorgan in hohem Grade anſtrengenden Phänomene beſchäftigt. Er bildete die Sonne, als ſie bei ſchönem Frühlingswetter an hellem Mittage ſtand, durch den Concavſpiegel eines Reflectors auf weißem Grunde ab, ſchloß das rechte Auge mit einer Binde und betrachtete die leuchtende Scheibe mittelſt eines Tubus mit dem linken Bulbus. Dieſer wurde hierauf, nachdem ſeine Netzhaut ſtark gereizt war, auf einen weißen Grund geheftet. Das brillante Sonnenbild war dann der Reihe nach von verſchiedenen Farbenſpectris umgeben, je nachdem die Augenlider geöffnet oder geſchloſſen wurden. Es ergab ſich nämlich:

Augenlider	
geöffnet.	geſchloſſen.
1) Carmoiſinroth von Grün überdeckt.	1) Grün.
2) Orange mit Carmoiſinroth vermiſcht.	2) Blau.
3) Gelblich braun.	3) Bläulich violett.
4) Gelb.	4) Himmelblau.
5) Reines Roth.	5) Dunkelblau.
6) Orange.	

Schon Newton hatte die Bemerkung gemacht, daß das Lichtphantom ſelbſt in demjenigen Auge, welches der Einwirkung des Lichtes nicht ausgeſetzt war, mit großer Lebhaftigkeit erſcheint. Brewſter vervollſtändigte dieſe Erfahrung dahin, daß ſich das Farbenbild in dem anderen Bulbus zum Theil umkehrt. Die Erſcheinung läßt ſich noch am eheſten erklären, wenn man einen ähnlichen Vorgang, wie bei der Erzeugung der Contraſtfarben auf der Netzhaut, im Gehirn ſelbſt, wo die beiderſeitigen Nervenfaſern zuſammenſtoßen, vorausſetzt.

Aehnliche Farbenſäume treten ſchon bei großer amblyopiſcher Reizbarkeit der Retina bei dem gewöhnlichen Sehen ein. Daher auch dann die Auffaſſung irgend heller Objecte eine Chromaſie des Auges bedingt.

Da wir bis jetzt alle Erſcheinungen des Sehens nur ſo auffaßten, als 1152
würden ſie nur von einem Auge wahrgenommen, ſo bleibt uns noch zu

[1]) D. Brewſter populäres, vollſtändiges Handbuch der Optik. Ueberſetzt von Hartmann. Quedlinburg und Leipzig, 1835. 8. Bd. II. S. 91.

unterſuchen übrig, inwiefern die gleichzeitige Thätigkeit der beiden Bulbi Veränderungen der Geſichtseindrücke bewirkt oder nicht.

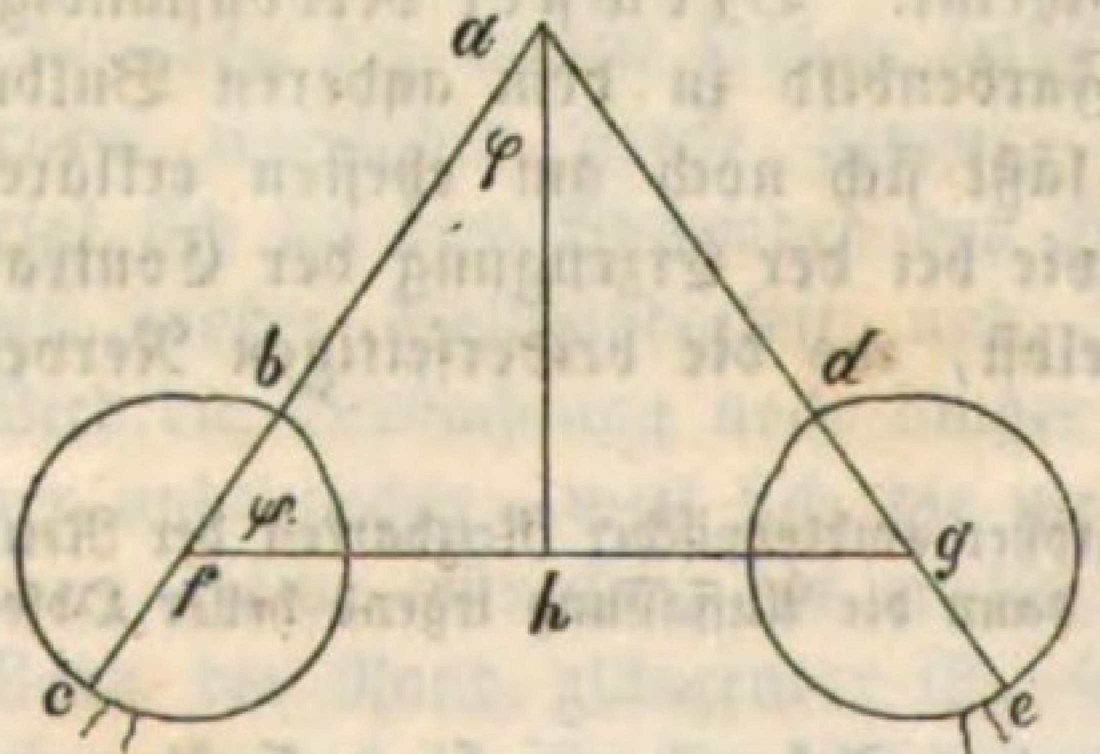
1153 Fixiren wir einen nahen oder entfernten Punkt mit beiden Augen zugleich, ſo werden ſie ſo eingeſtellt, daß ſich ihre Achſen in dem ſcharf aufgefaßten Orte durchſchneiden, weil ſonſt eine Perception durch die analogen Stellen der beiden gelben Flecke unmöglich, dieſe Bedingung aber, wie ſich bald ergeben wird, für die Einfachheit der Geſichtsanſchauung unerläßlich iſt. Hieraus folgt von ſelbſt, daß noch ſogar die Bulbi bei der Anſchauung des fernſten Gegenſtandes convergiren müſſen und nie im ſtrengſten Sinne des Wortes parallel, viel weniger divergent werden können. Je näher aber der betrachtete Punkt liegt, um ſo ſtärker wird jene Convergenz ausfallen. Es giebt ſich daher z. B. bei dem Leſen oder Schreiben ein ſehr auffallendes Schielen nach innen zu erkennen. Wir ſind auch dieſer Verhältniſſe wegen im Stande, die Recti interni zu gleicher Zeit in Thätigkeit zu ſetzen, während daſſelbe in Betreff der Recti externi nicht angeht.

1154 Beide Augäpfel werden nur dann, wenn der Gegenſtand gerade in der Mitte vor ihnen ſteht, in gleichem Maaße nach innen gewendet. Findet dieſe Bedingung nicht Statt, ſo muß das entferntere Auge weiter nach innen als das andere vorſchreiten. Dieſe Thatſache erläutert uns die ſo häufige gleichzeitige Zuſammenziehung der Recti externus und internus. Auch hier findet im geſunden Zuſtande kein wahrer Parallelismus, ſondern eine größere oder geringere Convergenz Statt, ſobald wir einen ſeitlichen Ort mit beiden Augen zugleich beobachten.

1155 Der Winkel, unter welchem ſich die beiden Augenachſen in dem fixirten Punkte durchſchneiden, heißt der äußere Convergenz- oder der gemeinſchaftliche Horopterwinkel. Seine Größe bildet eine Function der Entfernung des Gegenſtandes und des Abſtandes des Drehpunktes der beiden Bulbi von einander.

Halten wir uns zunächſt, um dieſes zu erhärten, der Einfachheit wegen an den Fall, in welchem der Gegenſtand a gerade in der Mitte vor den beiden Augäpfeln liegt, ſo ſeien bc und de die beiden Achſen der letzteren. Es bildet mithin fag oder bad den äußeren Convergenzwinkel. Der Vorausſetzung nach iſt ab = ad, folglich auch af = ag. Iſt nun der Drehpunkt f oder g des Auges bei den horizontalen Bewegungen conſtant, ſo wird er allein unverrückt bleiben, während ſich die Augenachſen bc und de verſchiedenartig wenden, um ſich in dem betrachteten Punkte a zu durchſchneiden. Es bleibt daher die Entfernung fg trotz der Veränderungen der Stellung der beiden Bulbi die gleiche. Unter dieſen Verhältniſſen bildet afg ein gleichſchenkeliges Dreieck mit unveränderlicher Baſis fg. Es muß daher die Größe des

Fig 187.



äußeren Convergenzwinkels nur noch von den Entfernungen ab und ad oder einem Abſtande ab oder ad abhängen. Für die Richtung der Bulbi iſt aber der Winkel afg und agf, d. h. derjenige, unter welchem ſich die Verbindung der beiderſeitigen Drehpunkte und die Augenachſen durchſchneiden, maaßgebend. Man belegt ihn daher auch mit dem beſonderen Namen des **inneren Convergenzwinkels**.

Alle dieſe Verhältniſſe laſſen ſich leicht berechnen. Denn fällen wir 1156
das Perpendikel ah (Fig. 187) und nennen den Abſtand des Gegenſtandes von dem vorderen Ende der Augenachſe = ab = ad = d, die Entfernung des letzteren von dem Drehpunkte des Bulbus = bf = dg = e und die Diſtanz der beiden Drehpunkte = fg = m, ſo haben wir, da $fh = \frac{m}{2}$ iſt, $\sin.\ \varphi : \sin.\ \text{tot.} = \frac{m}{2} : d + e$, und mithin $\sin.\ \varphi = \frac{m}{2\,(d + e)}$. Da nun aber afh ein rechtwinkeliges Dreieck bildet, ſo muß der innere Convergenzwinkel $\psi = 90^0 - \varphi$ ſein. Hieraus ergeben ſich von ſelbſt folgende Normen:

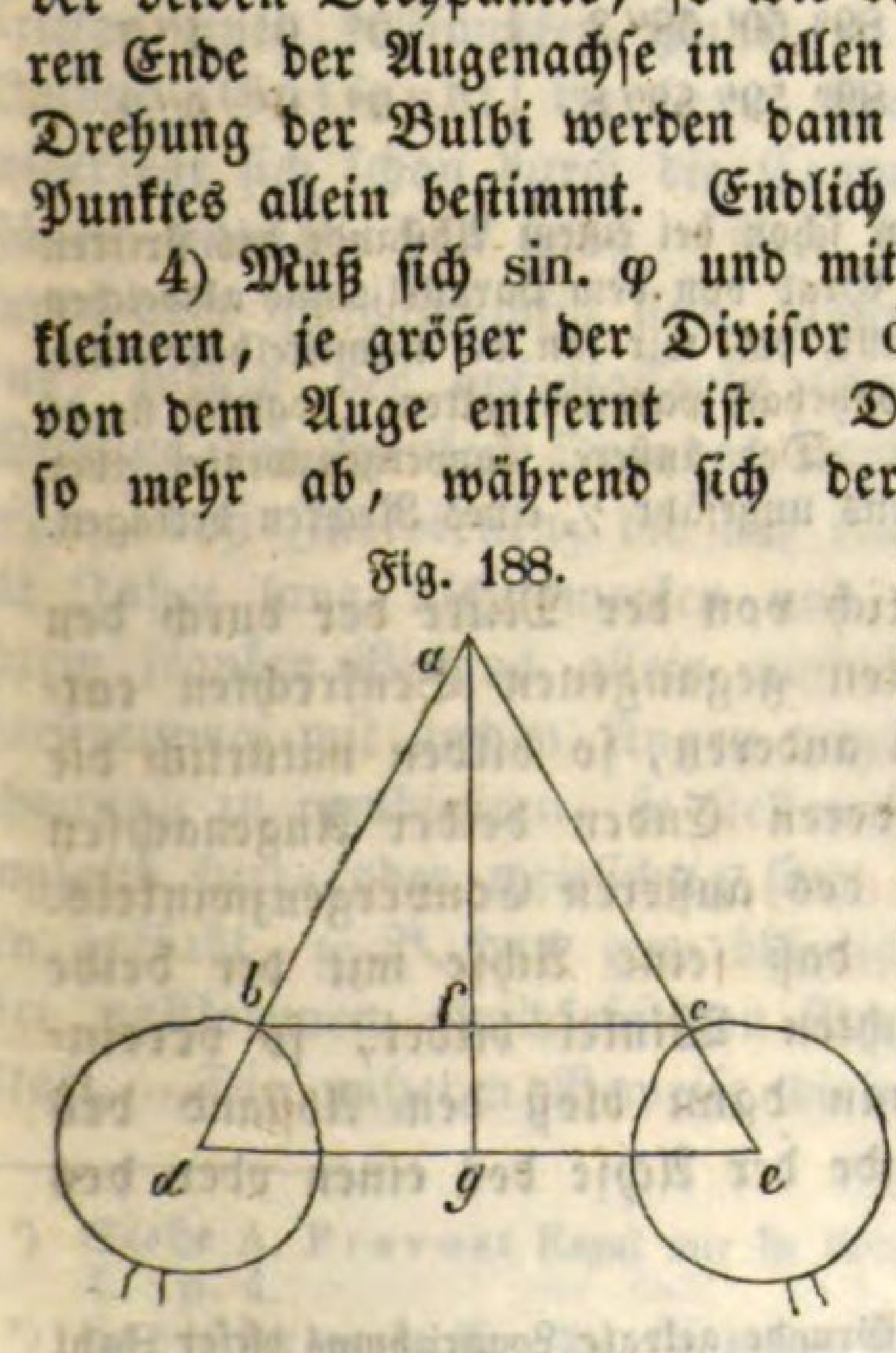
1) Fände keine Convergenz Statt, ſo müßten beide Augenachſen einander parallel verlaufen. Ihre Abweichung vom Parallelismus, d. h. der Unterſchied jedes der beiden inneren Convergenzwinkel von einem Rechten bildet ein directes Maaß ihrer gegen einander gekehrten Stellung.

2) Da der innere Convergenzwinkel die Ergänzung des halben äußeren Convergenzwinkels zu 90° darſtellt, ſo muß auch dieſer eine Function der Größe der Drehung der Augäpfel abgeben.

3) Bei jedem einzelnen Individuum bleibt der gegenſeitige Abſtand der beiden Drehpunkte, ſo wie die Entfernung des einen von dem vorderen Ende der Augenachſe in allen Fällen derſelbe. Alle Variationen der Drehung der Bulbi werden dann mithin durch die Entfernung des fixirten Punktes allein beſtimmt. Endlich

4) Muß ſich sin. φ und mithin auch φ und bad um ſo mehr verkleinern, je größer der Diviſor d wird, d. h. je weiter der fixirte Punkt von dem Auge entfernt iſt. Der äußere Convergenzwinkel nimmt um ſo mehr ab, während ſich der innere im entſprechenden Maaße 90° nähert. Es differiren daher dann beide Augenachſen um ſo weniger von dem Parallelismus.

Fig. 188.



Kenne ich bei einem Individuum den Abſtand der beiden Drehpunkte = de = m und die Entfernung derſelben von den vorderen Enden der Augenachſen = bd = ce = e, ſo läßt ſich der nach der Größe der Entfernung wechſelnde nothwendige Werth der Drehung beider Bulbi berechnen. Ich bediente mich aber, um die Grundzahl de = m zu finden, folgendes Verfahrens. Fixirte ich eine leuchtende Stelle a, z. B. den Kopf einer dünnen Nadel, welche von der Mitte zwiſchen beiden Augenachſen = af, 28,5 Centimeter = 0,878175 pariſer Fuß abſtand, mit

beiden Augen zugleich, ſo betrug die Entfernung der Mitten der Hornhäute = bc = 6,3 Centimeter = 0′,193942. Fällen wir nun die Senkrechte afg, ſo iſt, da ab = ac, $bf = \frac{bc}{2}$ = 0′,096971. Wir haben daher in dem rechtwinkeligen Dreiecke abf die Hypothenuſe $ab = \sqrt{(0{,}878175)^2 + (0{,}096971)^2}$ = 0′,883513. Nach §. 1012 war aber bd im Durchſchnitt = 5‴,29 = 0′,036736. Mithin ad = 0′,920249. Da die Dreiecke abf und adg einander ähnlich ſind, ſo haben wir ab : bf = ad : dg und mithin $dg = \frac{m}{2} = \frac{ad \times bf}{ab} = \frac{0{,}920249 \times 0{,}096971}{0{,}883513}$ = 0′,10100 [1]). Der gegenſeitige Abſtand der Drehpunkte meiner beiden Bulbi beträgt hiernach 0′,20200 oder 2,424 oder beinahe 2½ pariſer Zoll.

Iſt aber m = 0′,202 und e = 0′,036736, ſo haben wir für jede beliebige Entfernung d von dem vorderen Ende der Augenachſe: der Sinus des halben äußeren Convergenzwinkels = dem Coſinus des ganzen inneren Convergenzwinkels = $\frac{0{,}101}{d + 0{,}036736}$. Hieraus ergeben ſich z. B. für die verzeichneten Diſtanzen folgende Werthe:

In pariſer Fuß ausgedrückter Abſtand des leuchtenden fixirten Punktes von dem vorderen Ende der Augenachſe.	Convergenzwinkel der beiden Bulbi		Abweichung der Augenachſen vom Parallelismus oder Unterſchied des inneren Convergenzwinkels von 90°.
	äußerer.	innerer.	
⅓ (= 4″)	30° 32′ 0″	73° 44′ 0″	15° 16′ 0″
1	10° 70′ 54″	84° 24′ 33″	5° 35′ 27″
10	1° 9′ 12″	89° 25′ 24″	0° 34′ 36″
100	0° 6′ 56″	89° 56′ 32″	0° 3′ 28″
1000	0° 0′ 56″	89° 59′ 32″	0° 0′ 28″
12000	0° 0′ 3″,4	89° 59′ 58″,3	0° 0′ 1″,7
96000	0° 0′ 0″,4	89° 59′ 59″,8	0° 0′ 0″,2

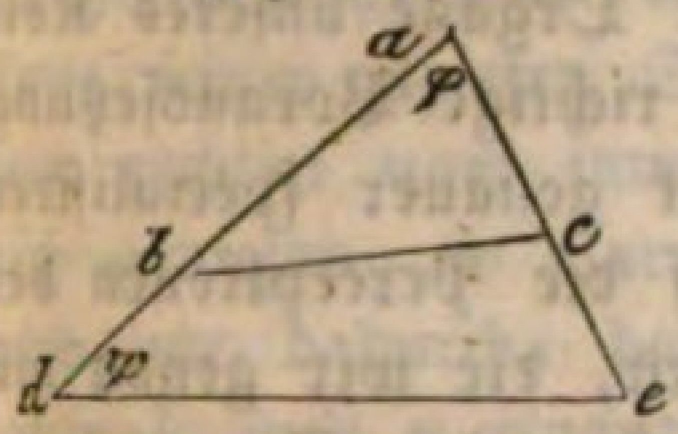
Wir ſehen alſo hieraus, daß meine Augen ſchon bei einem Abſtande des fixirten Punktes von 10 Fuß jederſeits nur ungefähr um ½ Grad von dem Parallelismus abweichen und der Convergenzwerth weiterhin ſo klein ausfällt, daß wir ihn bei unmittelbarer Anſchauung kaum merken und unſere Augen für wahrhaft parallel halten, obgleich ſie es in dem angenommenen Falle nie werden können. Der äußere Convergenzwinkel aber würde hiernach an der Grenze des deutlichen Sehens ungefähr ⅓ eines Rechten betragen.

1157 Liegt der betrachtete Gegenſtand ſeitlich von der Mitte der durch den Zwiſchenraum zwiſchen beiden Drehpunkten gegangenen Senkrechten entfernt und dem einen Auge näher als dem anderen, ſo bilden natürlich die zwei verſchiedenen Abſtände von den vorderen Enden beider Augenachſen die Beſtimmungsglieder des inneren ſowie des äußeren Convergenzwinkels. Iſt dagegen der eine Bulbus ſo geſtellt, daß ſeine Achſe mit der beide Drehpunkte verbindenden Linie einen rechten Winkel bildet, ſo vereinfacht ſich die Sache wiederum, indem man dann bloß den Abſtand des leuchtenden Punktes von dem vorderen Ende der Achſe des einen oder des

[1]) Der genauere den ſpäteren Berechnungen zum Grunde gelegte Logarithmus dieſer Zahl gleicht 0,0043342 — 1.

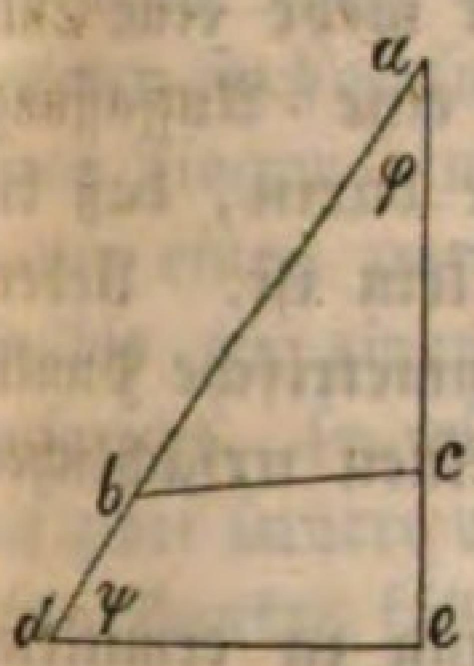
anderen Bulbus zu kennen braucht, um den äußeren Convergenzwinkel und den inneren des ſtärker gedrehten Auges zu finden.

Fig. 189.



Denn geſetzt, der leuchtende Punkt a befinde ſich in den verſchiedenen Diſtanzen ab und ac, ſo kennen wir in dem Dreiecke ade, da bd = ce bekannt iſt, die drei Seiten ad, ae und de und ſind daher im Stande, den äußeren Convergenzwinkel φ und den inneren ψ zu berechnen. Nehmen wir an, ab ſei = 1 Fuß und ac = 1,1 Fuß, ſo haben wir, da de = 0′,202, $\varphi = 9^{\circ}\ 16'\ 24''$ und $\psi = 114^{\circ}\ 55'\ 40''$.

Fig. 190.



Steht aber ae oder die Verlängerung der einen Augenachſe auf de ſenkrecht, ſo brauchen wir nur ac oder ab zu kennen, um φ und ψ zu berechnen. Denn machen wir wieder bd = ce = e und de = m, ſo haben wir $\tang. \varphi = \frac{m}{ac + e}$ und $\sin. \varphi = \frac{m}{ab + e}$. Geſetzt, ac gliche dann 1 Fuß, ſo erhalten wir $\varphi = 11^{\circ}\ 14'\ 8''$. Folglich $\psi = 90^{\circ} - \varphi = 78^{\circ}\ 45'\ 52''$.

Alle ſolche Beſtimmungen gelten natürlich nur für ganz geſunde und gleichartig thätige Augen.

Das wichtigſte hierher gehörende Problem bildet die 1158
Löſung der Aufgabe, weshalb wir einen Punkt, den wir mit beiden Augenachſen gleichzeitig fixiren, einfach und nicht doppelt wahrnehmen. Da dieſe Verhältniſſe des Einfachſehens mit zwei Augen die Phyſiker, Phyſiologen und Pſychologen ſeit Jahrhunderten beſchäftigt haben und die Urſache der Erſcheinung bis jetzt noch auf keine vollkommen ſichere Weiſe ermittelt iſt, ſo kann es uns nicht wundern, wenn die verſchiedenſten Erklärungsweiſen dieſer Thatſache vorliegen.

1) Man ſuchte die ganze Aufgabe dadurch zu eliminiren, daß man annahm, wir ſähen in der That nie mit beiden Augen zugleich, ſondern fixirten einen beſtimmten Punkt zu der gleichen Zeit nur mit dem einen Bulbus (Gaſſendi, Leclerc, Gall, Neumann) [1]. Dieſe Hypotheſe widerlegt ſich ſchon durch die Convergenz der Augäpfel, welche in ſolchen Fällen eintritt, von ſelbſt. Nur Menſchen, die auf einem Auge äußerſt kurz- oder ſchwachſichtig ſind, abſtrahiren von der Thätigkeit dieſes Bulbus, ſobald der aufzufaſſende Gegenſtand außerhalb des Bereiches der Wirkung des kranken Organes liegt. Ja dieſes Verhältniß kann ſo weit gehen, daß Individuen, die auf einem Auge erblindet ſind, ihre Infirmität Jahre lang nicht merken und ſie erſt erfahren, wenn ſie etwas mit ihrem kranken Bulbus allein auffaſſen wollen. Sehen wir aber in der Zerſtreuung mit beiden Augen zugleich, ohne ſie zu einer einfachen Anſchauung zu combiniren, ſo ſtellen ſich uns, vorzüglich wenn beide Bulbi ungleich kurz- oder weitſichtig ſind, Doppelbilder dar, die ſogar verſchieden gefärbt, z. B. das eine bläulich, das andere gelblich ſein können [2]. Bei vollkommen gleichkräftigen Augen dagegen findet etwas der Art nicht Statt. Die näheren Beweiſe dieſes Ausſpruches werden ſich aus dem

[1]) Siehe A. Prevost Essai sur la théorie de la vision binoculaire. Genève, 1843. 4. p. 4.

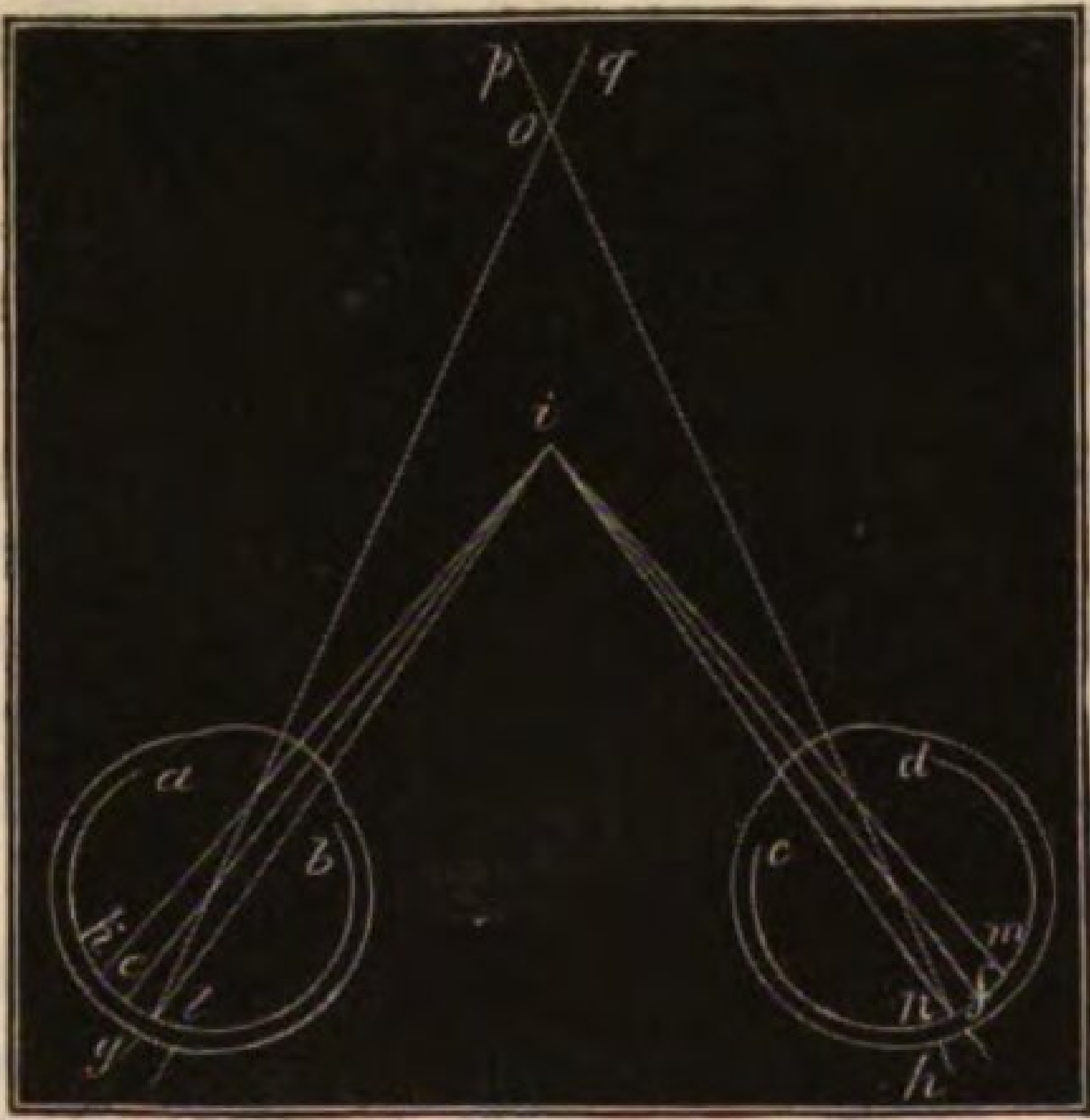
[2]) Steinheim in Hecker's neuen wissenschaftlichen Annalen. Bd. III. Berlin, 1836. 8 S. 270—80.

Folgenden von ſelbſt ſowohl für die ſubjectiven, als objectiven Geſichtserſcheinungen ergeben.

2) Man nahm an, daß wir überhaupt nur einfache Empfindungen von doppelten Eindrücken erhalten, welche paarige Organe unſeres Körpers in analoger Weiſe afficiren. Dieſe zum Theil richtige Vorausſetzung weicht von der Wahrheit ab, ſobald wir ſie nicht genauer ſpecialiſiren und vorzüglich wenn man ſich zu gleicher Zeit auf die Perceptionen des Taſtſinnes beruft [1]). Denn wir fühlen zwei Stellen, die wir genau mit den entſprechenden Punkten unſeres rechten und linken Zeigefingers betaſten, als zwei discrete Eindrücke. Nehmen wir aber nicht mehr eine Entfernung zweier einzelner Orte als ſolche, ſondern als eine Auffaſſung wahr, ſo liegt dieſes, wie ſich ſpäter ergeben wird, nur darin, daß die Diſtanz in Verhältniß zur Empfindlichkeit der Haut zu klein iſt. Ueberdies bliebe noch das zum Grunde gelegte Axiom, daß ſymmetriſche Punkte unſeres Körpers zu einer einfachen Anſchauung führen, ſeinen urſächlichen Verhältniſſen nach zu erörtern.

3) Man ſucht zuvörderſt auf dem Wege der Beobachtung zu ermitteln, welche gleichzeitig afficirten Netzhautſtellen eine einfache Wahrnehmung liefern und welche nicht. Drücken wir z. B. beide Augäpfel, während die Lider geſchloſſen ſind, oben oder unten an entſprechenden Stellen, ſo erhalten wir doppelte Feuererſcheinungen, indem die linke aus den ſchon früher angeführten Gründen der rechten Netzhaut und umgekehrt entſpricht. Das gleiche Reſultat erfolgt, wenn der Druck zwei analoge äußere oder innere Stellen beider Bulbi trifft. Dagegen ſieht man nur ein Feuerbild, wenn man den einen Augapfel außen und den anderen an einer entſprechenden inneren Stelle der gleichen Einwirkung ausſetzt. Es giebt mithin, wie ſchon Alhazen im zwölften Jahrhundert wußte [2]), gewiſſe correſpondirende Punkte beider Retinae, welche einen bloß einfachen Eindruck hervorrufen. Man nennt dieſe die correſpondirenden oder identiſchen Stellen der Netzhäute.

Fig. 191.



Machen wir uns aber dieſe Verhältniſſe anſchaulicher, ſo ſeien ab und cd die beiden Netzhäute, g und h die Sehnerven, ie und if die Augenachſen, dann werden, wie ſich von ſelbſt verſteht, e und f identiſch ſein. Um aber die anderen Identitätsſtellen zu finden, brauchen wir uns nur den inneren Punkt c auf den äußeren a und d auf b gelegt zu denken. Es werden daher

[1]) Siehe z. B. J. F. W. Herſchel vom Licht. Aus dem Engliſchen überſetzt von J. C. E. Schmidt. Stuttgart und Tübingen, 1831. 8. S. 156. 157.

[2]) A. Prevost a. a. O. p. 6.

k und n und l und m den Charakter der Identität an ſich tragen. Denn bildet i keinen bloßen mathematiſchen, ſondern einen phyſikaliſchen leuchtenden Punkt, ſo wird er nicht nur das eine Lichtbündel eif, ſondern auch gleiche ſeitliche kin und lim ausſenden. Rückt aber ki an dem linken Auge ſeiner ſchiefen Stellung wegen nach außen von e, ſo kommt es in dem rechten nach innen von f zu ſtehen. Wären daher k und m identiſch geweſen, ſo war ein Doppelſehen des Punktes i unvermeidlich. Sie wird nur dadurch, daß die Correſpondenz eine entgegengeſetzte iſt und daher k und n einander entſprechen, vermieden.

Daß dieſe Beziehungen Statt finden, ſcheint auch ein einfacher objectiver Sehverſuch zu beweiſen. Fixiren wir z. B. einen Glasſtab oder einen Finger i mit beiden Augenachſen, ſo daß ſie ſich in i ſchneiden, und halten einen zweiten Finger o gerade hinten in der Mitte zwiſchen beiden Bulbis in einer Entfernung, welche der Auffaſſung von i nicht mehr entſpricht, ſo wird o doppelt geſehen, weil ſein Bild auf l und n, d. h. auf zwei innere von e und f gleich entfernte, aber eben deshalb nicht identiſche Punkte fällt. Umgekehrt zeigt ſich bei der Fixation von o das Bild zweifach, weil ſeine Strahlen auf äußere Stellen der Netzhaut gelangen. Steche ich mittelſt einer Stecknadel in ein Papier zwei Löcher ein, die 4 Centimeter = 1,47 par. Zoll von einander entfernt ſind, ſo rücken ſie bei einem mittleren Abſtande von 10 bis 11 Centimeter vom Auge deutlich zuſammen. Dieſes verſtärkt ſich bei immer größerer Nähe, bis ich endlich bei ungefähr 5 bis 6 Centimeter nur ein einfaches Loch erblicke und durch dieſes das Sonnenbild, das Fenſter eines gegenüberſtehenden Hauſes oder ſonſt einen fernen Gegenſtand aufzufaſſen im Stande bin [1]). Dieſes Verhältniß bleibt, wenn das Papier noch mehr dem Auge genähert, nach der einen oder der anderen Seite hin geſchoben, oder das eine Auge geſchloſſen wird. Stehen beide Löcher ſenkrecht über einander, ſo erblickt man zwar ebenfalls in zu großer Nähe bloß eines derſelben. Allein dieſes bleibt nur nach dem Schluſſe des einen Auges unverändert, verrückt ſich dagegen nach dem des anderen von ſeinem Platze. Legt man die Kante einer Karte gerade in die Mitte zwiſchen beide Augäpfel und hält zwei Stecknadeln 4 Centimeter von ihrem Anlagerungspunkte entfernt in gleicher Höhe und ſymmetriſch, ſo erſcheinen ihre Doppelbilder faſt einfach, ſobald man einen hinreichend fernen Gegenſtand fixirt [2]).

Aus ähnlichen Gründen treten Doppelbilder auf, ſobald beide Bulbi disharmoniſch verſchoben werden. Daher auch Perſonen, die z. B. plötzlich willkürlich oder unwillkürlich ſchielen, an Doppeltſehen leiden.

Dieſe Theorie der identiſchen Stellen der beiden Netzhäute iſt jedoch nicht ſo abſolut ſicher und befriedigend als es auf den erſten Blick ſcheint. Wheaſtone ſuchte ſie durch Beobachtungen, welche ſich auf die perſpec-

---

1) Vergl. J. Purkinje Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Bd. I. Prag, 1823. 8. S. 145—54.

2) Siehe R. Hasenclever Die Raumvorstellung aus dem Gesichtssinne. Berlin, 1842. 8. S. 95. 96.

tiviſche Auffaſſung der einzelnen Objecte beziehen, zu entkräften, conſtruirte zu dieſem Zwecke einen eigenen Apparat, das ſogenannte Stereoſkop, durch welches zwei entſprechende perſpectiviſche unter einander flächenhaft verſchiedene Zeichnungen, die von jedem Bulbus iſolirt aufgefaßt werden, körperlich erſcheinen, und bemühte ſich zu zeigen, daß in manchen Fällen correſpondirende Netzhautſtellen zweifache, von einander verſchiedene Anſchauungen geben. Brücke, Tourtual und Alex. Prevoſt dagegen ſuchten darzuthun, daß die von Wheaſtone hervorgehobenen Beobachtungen die Annahme identiſcher Netzhautſtellen eher unterſtützen als widerlegen [1]). Ebenſo bemühte ſich Haſenclever [2]) zu beweiſen, daß die Identität der beiden Netzhautſtellen, die einen Eindruck liefern ſollen, keine abſolute oder ſtreng mathematiſche ſein könne. Allein abgeſehen hiervon ergiebt ſich bei genauer Betrachtung von ſelbſt, daß die ganze Hypotheſe der Identität der Retinäorte keine ſolche Schärfe der Durchführung geſtattet, wie ſie mit Recht von einer genügenden Theorie gefordert werden kann. Denn wollte man ſie etwa in dem Sinne auffaſſen, daß der objective Eindruck, welcher correſpondirende Netzhautpunkte trifft, ein einfacher ſei, ſo wäre eine ſolche Vorſtellung entſchieden unrichtig. Schon bei dem oben erwähnten Verſuche mit den 4 Centimeter von einander abſtehenden Oeffnungen, welche zu nahe betrachtet werden, gelingt es uns nicht ſelten, die beiden ſeitlichen außer der mittleren einfachen wahrzunehmen. Rollen wir uns zwei Blatt Papier cylindriſch ein und bringen jede der beiden Röhren vor ein Auge, ſo erſcheinen ihre beiden Oeffnungen nur ſo lange doppelt als die Convergenz innerhalb gewiſſer Grenzen bleibt. Ueber dieſe hinaus decken ſich die Mündungen und gehen bald zu einer einfachen zuſammen. Soll dieſer Verſuch gelingen, ſo müſſen ſehr kurzſichtige Augen auch kürzere Tubi gebrauchen als weitſichtige. Iſt aber das eine Auge etwas presbyopiſcher als das andere, ſo erſcheint uns der dem Erſteren entſprechende Kreis bei dem Uebereinanderſchieben etwas ferner als der zweite zu liegen. Noch deutlicher beobachtet man dieſes, wenn man in den einen eine geſchwärzte und den andern eine glänzende Stecknadel ſteckt und ſich beide durchkreuzen läßt. Stehen ſie aber vollkommen entſprechend, ſo wird ſogar die Nadel, welche dem fernſichtigen Auge correſpondirt, von der des kurzſichtigeren gedeckt. Dieſe Thatſachen liefern einen directen Beweis, daß die Einfachheit des Eindruckes erſt auf einer ſubjectiven ſecundären Combination des Doppeleffectes beruht und wir mithin in Wahrheit doppelt ſehen, aber einfach empfinden.

Derſelbe Satz beſtätigt ſich auf eine noch auffallendere Weiſe, wenn

---

[1]) Siehe das Nähere über dieſe Verhältniſſe, deren Darſtellung hier zu weit führen würde, bei Wheastone Philosophical Transactions 1838. p. 371 fgg. Poggendorff's Annalen 1839. Ergänzungsband S. 1—48. E. Brücke in Müller's Archiv 1841. S. 459—76. Tourtual die Dimension der Tiefe im freien Sehen und im stereoskopischen Bilde. Münster, 1842. 8. und in Müller's Archiv 1842. S. XIX—XXXVI. Alexandre Prevost essai sur la vision binoculaire. Genève, 1843. 4. p. 23 fgg. und Bibliothèque universelle de Genève. Nov. 1843.

[2]) a. a. O. S. 119. 120.

beide Netzhäute von verſchiedenen Farbeneindrücken gleichzeitig afficirt werden. Befeſtige ich in dem einen Tubus eine blaue, in dem anderen eine gelbe Oblate, ſo daß jede von ihnen die Oeffnung vollſtändig ausfüllt, ſo verſchwindet mir häufig bei der gehörigen Convergenz diejenige, welche dem weitſichtigen Auge entſpricht, gänzlich aus dem Geſichtsfelde. Ich kann aber leicht bei einiger abſichtlicher Anſtrengung die, welche dem presbyopiſchen Auge angehört, allein erblicken oder beide gewiſſermaßen zuſammen oder hinter einander wahrnehmen. Ich ſehe dann z. B. die blaue vollſtändig und einen Sectorabſchnitt der gelben vor oder hinter dieſer oder beide erſcheinen nur theilweiſe oder ſie zeigen ſich ſelbſt vollſtändig und die eine, wiewohl ſie undurchſichtig iſt, gleichſam durch und hinter der anderen. Wenn bloße Bogentheile der einen Oblate zum Vorſchein kommen, ſo kann ich ſie nach Belieben ihrer Ausdehnung nach vergrößern oder verkleinern. Auch bei anderen Farben bleiben die Phänomene die gleichen. Hieraus folgt, daß es einzig und allein von dem Grade des Willens und der Aufmerkſamkeit abhängt, welches Auge den Vorzug erhalten, oder ob ſogar beide für kurze Zeit auf eine freilich anſtrengende Weiſe gleichzeitig begünſtigt werden ſollen. Man bezeichnet dieſes Verhältniß mit dem Namen des Wettſtreites der Sehfelder. Aehnliche Verſuche gelingen, wenn z. B. das eine Auge durch ein gelbes, das andere durch ein blaues Glas ſieht. So lange keine Ueberreizung oder keine eingreifende Phantaſievorſtellung Statt findet, mangelt auch die Miſchfarbe des Grün (Joh. Müller, Heermann)[1]. Bisweilen jedoch erſcheint ſie (Huſchke, E. H. Weber, Völkers)[2], immer aber undeutlich und verwaſchen (Volkmann)[3].

Ob die Identität der beiden Netzhäute eine conſtante oder nur eine relative ſei, bildet noch immer einen Gegenſtand des Streites. Wenn nämlich Leute plötzlich zu ſchielen anfangen, ſo ſehen ſie im Anfange doppelt, weil natürlich daſſelbe Bild nicht correſpondirende Retinäpunkte berührt. Allein früher oder ſpäter verliert ſich der Fehler, ſo daß man deswegen angenommen hat, die Identität der Netzhäute werde nun aus Gewohnheit eine andere. Wäre dieſes der Fall, ſo würde dadurch die ganze Theorie derſelben, wie man leicht ſieht, ihre Baſis verlieren. Allein viele Schielende ſehen dann nur mit einem Auge und vernachläſſigen den Eindruck, welchen der zweite Bulbus mit ſeinem Doppelbilde liefert. Iſt dieſes nicht der Fall, ſo begiebt ſich oft der andere bisher geſunde Augapfel in eine abweichende Stellung, um nur die nöthige Identität beider Netzhäute möglichſt herzuſtellen[4]. Wider eine ſolche Verrückung der Identitätsſtellen ſpricht auch der Umſtand, daß jede Veränderung der Correſpondenz der Retinä den Winkel, unter welchem die Lichtſtrahlen in die Netzhaut eindringen und mithin auch die Geſichtslinien verändern müßte.

---

[1]) Joh. Müller's Physiologie. Bd. II. S. 387. 88.
[2]) Müller's Archiv 1838. S 60–69.
[3]) Ebendaſelbſt S. 375—81.
[4]) Ruete klinische Beiträge. Heft I. S. 300 fgg.

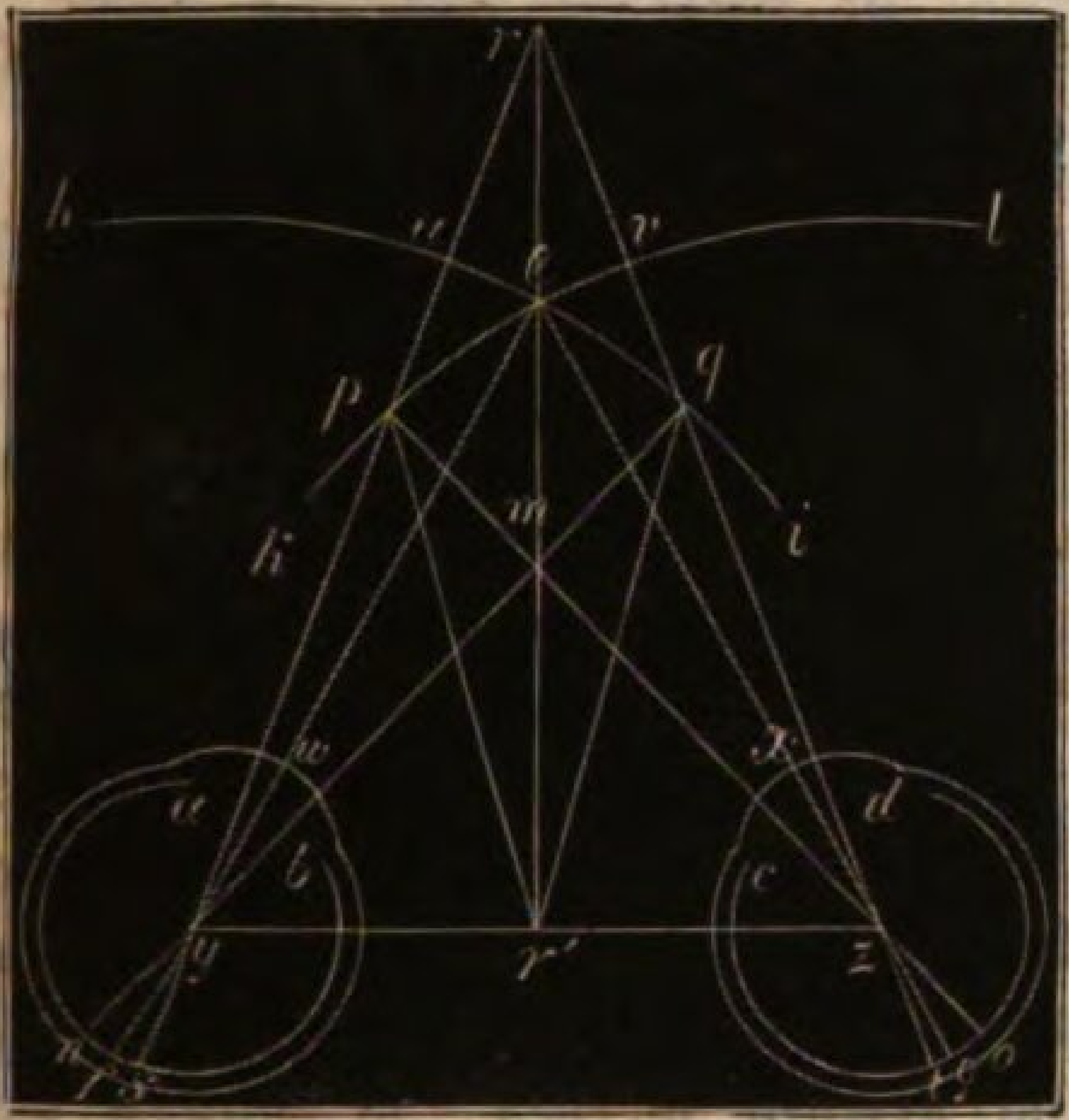
Statuirt man aber auch das Theorem der Identität der Netzhautpunkte als ein approximativ richtiges, ſo iſt hiermit noch nicht das Einfachſehen erklärt. Denn nun fragt es ſich erſt, weshalb entſprechende Netzhautorte einen einfachen, andere dagegen einen doppelten Eindruck geben. Man hat in dieſer Beziehung zu verſchiedenen Zeiten die Durchkreuzung der Faſern in dem Chiasma Nervorum opticorum oder im Gehirn oder beiderlei Momente, ſo wie die gegenſeitige Vereinigung der Nervenfaſern der identiſchen Stellen im Centralnervenſyſteme zu Hilfe gezogen. Jedoch läßt ſich über alle ſolche Vorſtellungen ſo lange kein Urtheil fällen, als der detaillirte Faſerverlauf im Gehirn unbekannt iſt. Da aber die Löſung dieſes Problemes faſt zu den Unmöglichkeiten gehört, ſo wird der organiſche Grund, weshalb die Anſchauungen identiſcher Netzhautſtellen zu einer Auffaſſung verbunden werden, wahrſcheinlicher Weiſe immer verborgen bleiben. Wir können uns höchſtens im Allgemeinen vorſtellen, daß der Fortgang der Sehnervenfaſern dergeſtalt angeordnet iſt, daß diejenigen, welche identiſchen Netzhautſtellen angehören, ſymmetriſch in den empfindenden Theil des Gehirnes einſtreichen und auf dieſe Art eine mittlere einfache Richtung der Auffaſſung reſultirt. Endlich

4) hat man auch die Theorie der Muskelideen anzuwenden geſucht (Steinbuch, Haſenclever). Eine Vorſtellung der Art, welche dem gegenwärtigen Stande der Phyſiologie des Auges entſpricht, läßt ſich folgendermaßen zuſammenfaſſen. Da die beiden Bulbi, wenn ſie gemeinſchaftlich einen nahen oder fernen Punkt betrachten, in jedem Falle convergiren müſſen und der Grad der hierzu nothwendigen Bewegung durch die Entfernung des Objectes beſtimmt wird (§. 1155), ſo bildet die Größe der Energie der beiden Recti interni oder wenigſtens eines derſelben ein unmittelbares Maaß des in das Auge gefaßten Gegenſtandes. Wir verſetzen daher auch jede einzelne Anſchauung, die wir mit einem Bulbus wahrnehmen, an ihren Ort. Die Bilder beider Punkte aber ſtoßen auf dieſe Weiſe zuſammen und werden zu einem Ganzen combinirt. Wir ſehen deshalb einfach und vereinigen Reliefzeichnungen verſchiedener, aber correſpondirender Art zu körperlichen Anſchauungen. Hierfür ſpricht auch, daß Menſchen, die ein ſehr weitſichtiges und ein ſehr kurzſichtiges Auge haben, bei Fixation eines und deſſelben Punktes mit beiden Bulbis an Doppelſehen leiden. Dieſe Vorſtellung würde ihrer Kürze und Klarheit wegen vor allen anderen den Vorzug haben, wenn ſie ſich nicht bloß auf das objective Einfachſehen beſchränkte. Da nun aber dieſelben Erſcheinungen bei den ſubjectiven Geſichtsphänomenen ohne Mithilfe aller Muskelthätigkeit und aller beſtimmten Accommodation des Auges wiederkehren, ſo ergiebt ſich hieraus, daß die ſtets bedenkliche Annahme der Regulirung ſo wichtiger Thätigkeiten durch den immer der ſubjectiven Beurtheilung anheimfallenden Muskelſinn der allgemeine Grund der einfachen Wahrnehmung mit zwei Augen nicht ſein kann. Es bleibt daher das Axiom der Identität der Netzhautſtellen mit der Hypotheſe des ſymmetriſchen Verlaufes der correſpondirenden Faſern im Gehirn, ſo ſehr viele Mängel ſie auch darbieten und ſo wenig ſie mit mathematiſcher Schärfe zu begründen

ſein mag, vorläufig eine allgemeinere interimiſtiſche Aushilfsvorſtellung, die ſich in Betreff dieſes dunklen Punktes geben läßt.

Denken wir uns, daß ſich die Sehweite beider Bulbi für den Augen- 1159
blick der Fixation auf eine einzige Ebene beſchränkt, ſo müſſen alle Punkte, welche diesſeits oder jenſeits des äußeren Convergenzwinkels oder, wie man ſich ausdrückt, des parallaktiſchen Winkels liegen, doppelt geſehen werden. Denn geſetzt, ab und cd ſeien die beiden Netzhäute, ef und eg die Verlängerungen der Augenachſen, die ſich in e bei einer beſtimmten Stellung der Augen ſchneiden, we und xe oder richtiger ye und ze die beſchränkt gedachten linearen Sehweiten, ſo wird ein Punkt e, der z. B. in der Mitte vor den beiden Drehpunkten y und z liegt, einfach geſehen werden. Ein Punkt m, der ſich in derſelben geraden Linie me vor e befindet, muß doppelt erſcheinen. Denn ſein Bild trifft o und n, alſo nicht identiſche Stellen. Da nun aber die Grenzen des Sehens für beide Augen die mit ye und ze als Radien beſchriebenen Kreisbogen hi und kl ſind, ſo werden die Doppelbilder, die nur mittelſt Zerſtreuungskreiſen und daher undeutlich wahrzunehmen ſind, in p und q als den Durchſchnittspunkten der Bogen hi und kl und der Verlängerungen von ym und zm geſehen werden. Das linke Bild p entſpricht dem rechten Auge und das rechte q dem linken Bulbus. Der weiter als e liegende Punkt r wird zwar ebenfalls als undeutliches Doppelbild aufgefaßt werden, weil es ſich wieder auf nicht identiſche Stellen s und t abſpiegelt. Allein ſein linkes Bild u correſpondirt aus denſelben Gründen dem linken Auge, ſein rechtes v dem Rechten.

Fig. 192.



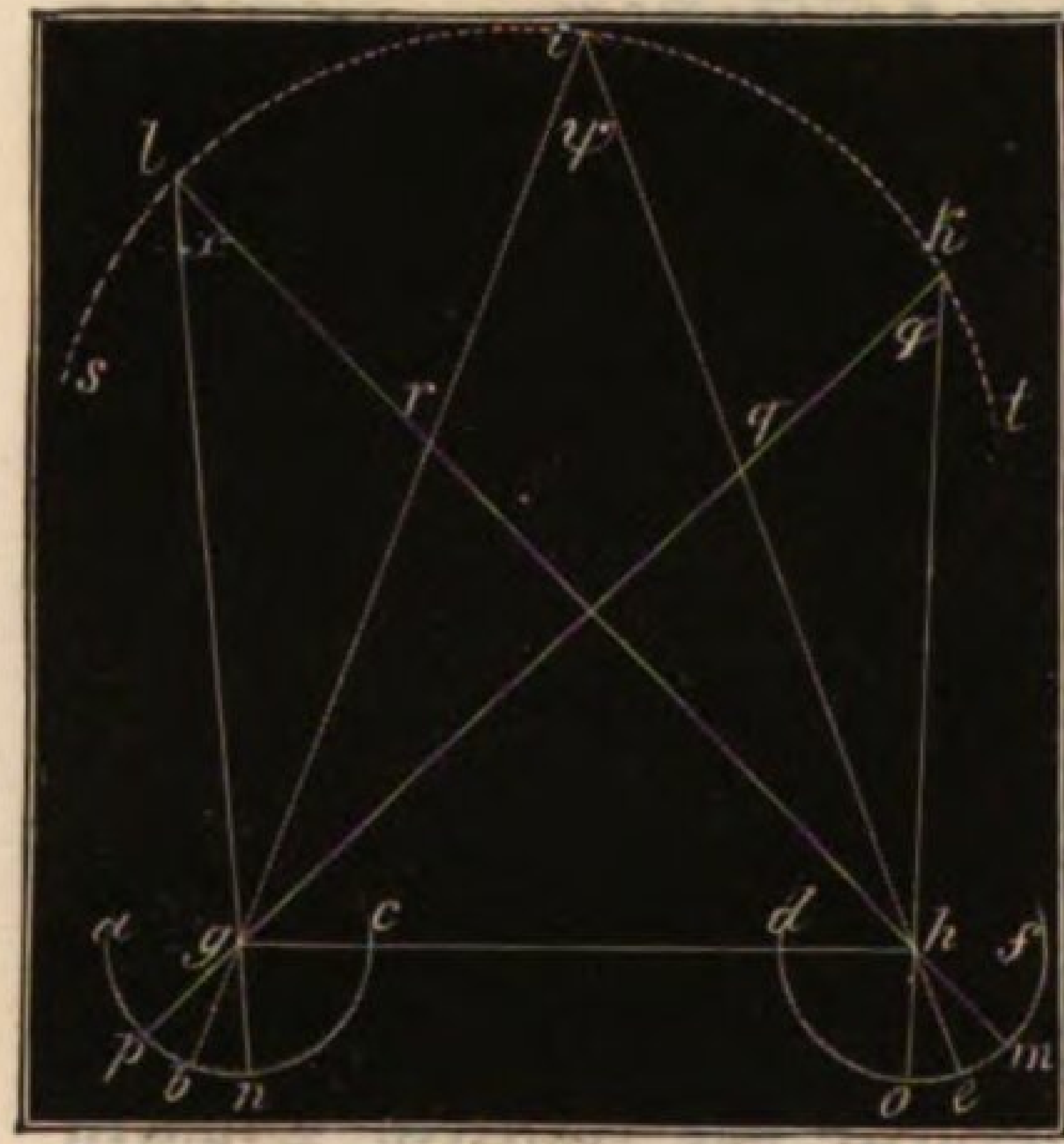
Formuliren wir nun dieſe Verhältniſſe allgemeiner, ſo erſcheinen Gegenſtände, die ſowohl diesſeits als jenſeits des mit beiden Augen fixirten Punktes liegen, doppelt. Allein die Lagen derſelben ſind im Verhältniß zu den beiden Augen umgekehrt, wenn der Gegenſtand vor, und entſprechend, wenn er hinter dem Durchſchnitt der beiden Augenachſenverlängerungen oder des fixirten Punktes liegt. Der Ort, an welchen die Scheinbilder verſetzt werden, wird durch die Sehweite und den Abſtand des Netzhautbildes vor der Augenachſe oder dem Geſichtswinkel in jedem Auge beſtimmt. Das gemeinſchaftliche Maaß beider Größen bilden dann Winkel prq und die Halbmeſſer py und qz.

Wir haben oben der Einfachheit wegen den Fall angenommen, daß die Gegenſtände m, e und r in einer Geraden liegen, die ſich genau in der Mitte vor den gleichförmig convergirenden Augen befindet, ſo daß rr′ den gegenſeitigen Abſtand der beiden Drehpunkte yz nicht nur halbirt, ſondern auch ſenkrecht durchſchneidet. Allein eben ſo leicht

laſſen ſich die Orte der Doppelbilder, wenn ſelbſt dieſe Bedingung nicht Statt findet, ermitteln. Verſchiedene Fälle der Art finden ſich bei Haſenclever a. a. O. S. 97 fgg. erläutert.

1160 Mit dem Namen des gemeinſchaftlichen Geſichtskreiſes oder Horopters bezeichnet man diejenige Ausdehnung, welche bei einer beſtimmten fixen Sehweite mit beiden Augen zugleich durch die verſchiedenen entſprechenden Bewegungen der Bulbi deutlich wahrgenommen werden kann. Dieſe gemeinſame Parthie bildet natürlich einen Theil jedes Geſichtskreiſes eines Augapfels. Betrachtet man die Hypotheſe der Identität der beiden Netzhäute als ſtreng mathematiſch richtig und ſieht die Bulbi mit ihren Retinis als Kugeltheile an, die ſich um ihre Drehpunkte als fixe Punkte bewegen, ſo läßt ſich leicht zeigen, daß der Horopter keine ebene Fläche, ſondern, wie Vieth und Joh. Müller annehmen, einen Kreisbogen oder vielmehr, wenn man die verſchiedenen horizontalen ſenkrechten und ſchiefen Drehungen ins Auge faßt, einen Abſchnitt einer Kugelfläche darſtellen müßte. Denn geſetzt, abc und def ſeien die beiden Netzhäute, g und h ihre Centra und der Vorausſetzung nach die Drehpunkte der Augen und l, i und k verſchiedene Punkte, welche bei den entſprechenden Wendungen der Bulbi mit beiden zugleich deutlich geſehen werden, ſo müſſen die Augenachſen für l in hm und gn, für i in he und gb und für k in ho und gp ſtehen. Werden aber die Punkte i und k ſucceſſiv einfach geſehen, ſo muß ∠ pgb = ∠ ohe und daher auch als Scheitelwinkel ∠ igq = ∠ khq ſein. Nun iſt aus demſelben Grunde ∠ gqi = ∠ hqk, mithin $\varphi = \psi$. Auf dieſelbe Art läßt ſich zeigen, daß $\psi = x$ iſt, d. h. die Winkel, welche durch die Durchſchnittspunkte der verlängerten Augenachſen in den deutlich geſehenen Objecten entſtehen, ſind unter einander gleich. Dieſe Eigenſchaft haben aber Peripheriewinkel eines Kreiſes, welche auf demſelben Bogen ſtehen. Folglich muß ſich durch l, i und k ein Kreisbogen legen laſſen. Da aber das Gleiche von allen anderen gleichzeitig mit beiden Augen deutlich geſehenen Punkten gilt, ſo ſtellte hiernach der gemeinſchaftliche Horopter den Abſchnitt einer Kugelfläche dar. Im Gegenſatze hierzu ſuchte Haſenclever zu zeigen, daß der Durchſchnitt des Geſichtskreiſes kein Kreis ſein könne. Sind nämlich die beiden Augenachſen gegen die Verbindungslinie der Drehpunkte oder optiſchen Mittelpunkte der Bulbi gleich geneigt, ſo bildet die Durchſchnittslinie der Horopterfläche mit der Ebene des äußeren Convergenzwinkels eine Ellipſe, deren große Achſe die Summe der beiden von den Drehpunkten aus gerechneten Sehweiten darſtellt und deren Brennpunkte in den beiden Drehpunkten ſelbſt liegen. Findet dagegen eine ungleiche Neigung der Augen-

Fig. 193.



achſen Statt, ſo kommt eine Curve vierten Grades, ein ſogenanntes Oval zu Stande[1]). Der äußere Convergenzwinkel muß aber dann nach Verſchiedenheit der Augenſtellungen wechſeln, und es kann mithin die Lehre von der Identität der beiden Netzhäute keine mathematiſche Schärfe, die ſie allein zu einer genügenden Theorie ſtempeln würde, beſitzen, es ſei denn, daß eine noch unbekannte Compenſation jenes Mißverhältniß aufhöbe.

Das ſcheinbar ſo leicht zu löſende Problem des Einfachſehens mit zwei Augen gehört mithin zu den ſchwierigſten Aufgaben der Phyſiologie des Geſichtsorganes und konnte bis jetzt noch keine ganz befriedigende und allſeitig genügende Löſung erhalten.

Natürlicher Weiſe dient der gleichzeitige Gebrauch beider Augen, um die Eindrücke zu vervollſtändigen. Jedes von ihnen beſitzt überdies eine Ausdehnung des Horopters nach außen, deſſen Grenze das andere bei noch ſo ſtarker Wendung nach innen nicht erreicht. Ein Einäugiger hat daher einen kleineren Horopter, als ein Zweiäugiger, der jedes ſeiner beiden Augen in ſeinem Maximum ſpielen laſſen kann. Er ſtößt deshalb auch leichter, wenn er z. B. einen Korb in einem engen Gange auf dem Kopfe trägt, an der Seite des erblindeten Bulbus an. Wir ſelbſt ſuchen das Sehen mit beiden Augen ſo ſehr als möglich zu benutzen. Stört es uns dagegen, ſo drücken wir ein Auge zu, um dieſen Uebelſtand zu vermeiden. Wir thun dieſes z. B., wenn wir einen verſiegelten und ſeitlich nur halb geöffneten Brief leſen wollen, weil dann nur die Achſe des einen Auges die Buchſtaben zu erreichen und zu verfolgen vermag. Daſſelbe geſchieht, wenn Leute ohne beſondere Uebung durch ein Mikroſkop oder ein Fernrohr ſehen, damit nicht die Bilder des geöffneten Bulbus die durch die genannten optiſchen Inſtrumente gelieferten Anſchauungen verwirren.

Subjective Geſichtserſcheinungen. — Die aufgefaßten Gegenſtände befanden ſich bei allen bisher erläuterten Phänomenen des Sehens außerhalb des Auges. Sie afficirten die Netzhaut nur dadurch, daß ihre Strahlen die Hornhaut und die übrigen Augenmedien unter gewiſſen Brechungsverhältniſſen durchdrangen und auf ſolche Art auf die empfindenden Apparate gelangten. Da nun aber innere Theile des Bulbus ebenfalls Lichtſtrahlen reflectiren, ſo müſſen auch ſie die Fähigkeit beſitzen, Eindrücke hervorzurufen. Streng genommen würden wir daher unſere eigenen Augengebilde wenn nicht eben ſo gut als die äußeren Gegenſtände, doch noch zum Theil durch Zerſtreuungskreiſe fortwährend erblicken. Es ergiebt ſich aber von ſelbſt, daß eine ſolche Einrichtung unſer objectives Sehen in vielen Fällen gänzlich aufheben oder wenigſtens in hohem Grade hindern müßte. Die Natur bedient ſich daher zweier Correctionsmittel, um ſolche Uebelſtände zu vermeiden: 1) ſind alle Theile, welche vor der Netzhaut liegen, in höchſtem Grade durchſichtig, ſo daß nur die Hornhaut ſpiegelt, alle anderen Lichtſtrahlen dagegen die Augenmedia durchſetzen. Die Schwärzung des Choroidea, der Uvea und des Ciliarſyſtemes verhüten jeden ſtörenden Reflex. Daher auch Albinos, bei welchen die Pigmentirung der genannten Theile mangelt, wie ſchon früher erwähnt wurde, an Lichtſcheu leiden. 2) aber blieb es trotz dieſer Vorſichtsmaßregeln un- 1161

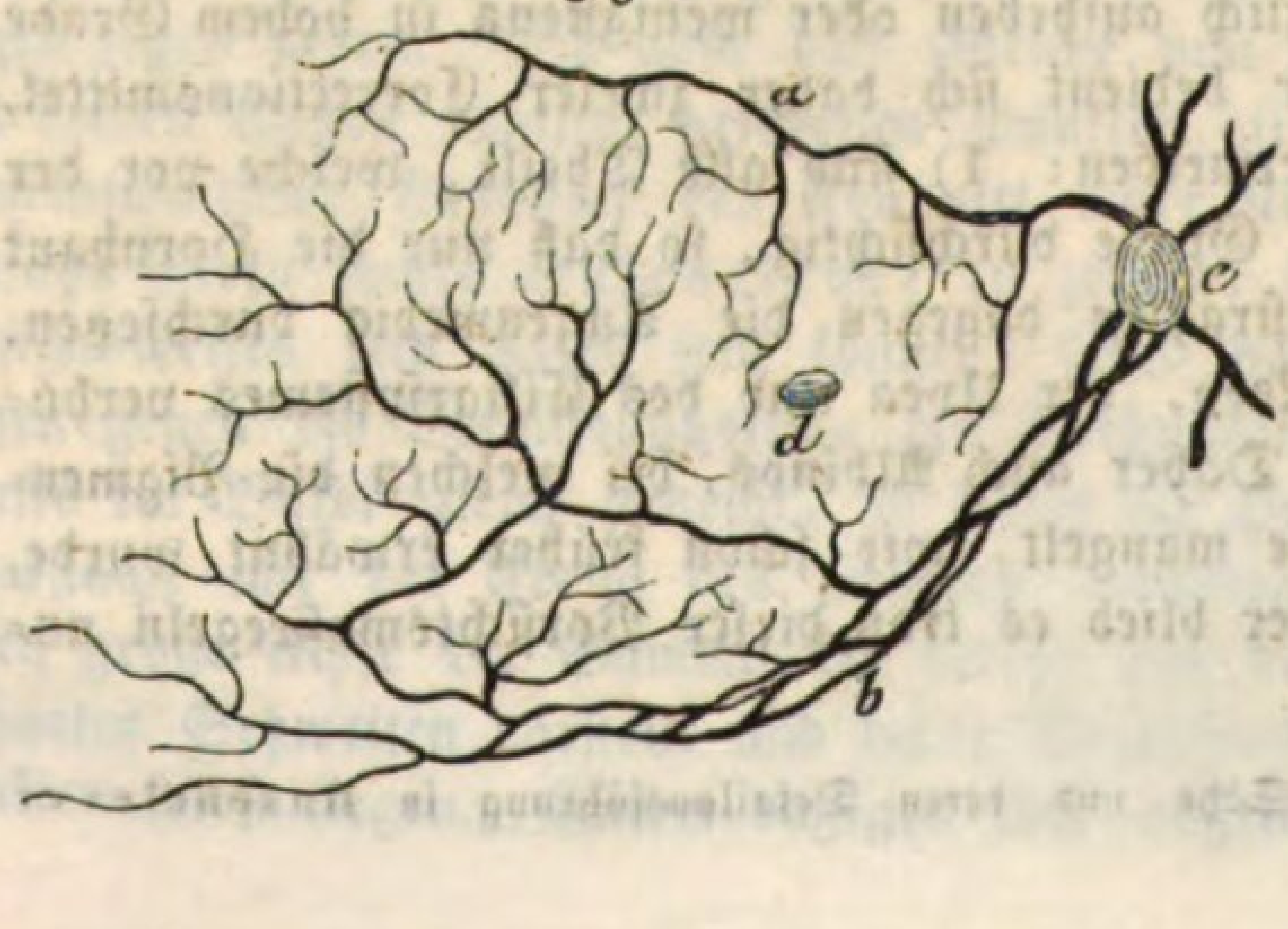
[1]) Siehe das Nähere dieſer Sätze und deren Detailausführung in Hasenclever a. a. O. S. 105 — 120.

vermeidlich, daß einzelne undurchſichtige oder halbdurchſichtige Elemente, wie Blutgefäße, Nerven, Zellgewebefaſern, Epithelien vor der Netzhaut angebracht wurden. Um dieſem Uebelſtande entgegenzuwirken, iſt zuvörderſt diejenige Parthie, welche vorzugsweiſe zum Sehen dient, nämlich der gelbe Fleck von ſolchen Störungen möglichſt befreit. Anders dagegen verhält ſich die Sache an dem Sehnervenhügel, der von der Centralarterie und der Centralvene durchbohrt wird. Die Verzweigungen dieſer Gefäße verbreiten ſich dann auf der Innenfläche der Netzhaut und bilden um die Centralfalte einen Gefäßkranz (Jacobſon). Dieſe undurchſichtigeren Theile beſchatten natürlich die Retina. Da ſie jedoch das Bereich des indirecten Sehens treffen, ſo kann ſchon von vorn herein die durch ſie verurſachte Störung keine große Bedeutung erlangen. Wird dagegen die Netzhaut durch Ueberreizung in einen höheren und ausgedehnteren Spannungszuſtand verſetzt, ſo daß ſich ihre Thätigkeit nicht bloß auf die Sphäre des gelben Fleckes und der Centralfalte beſchränkt, ſo werden ſie allerdings auf das deutlichſte ſichtbar. Jeder Menſch hat auf dieſe Weiſe die Fähigkeit, ſich einzelne innere Theile ſeines Auges zur Anſchauung zu bringen. Solche Phänomene entſtehen natürlicher Weiſe noch, wenn man will, durch objectives Sehen. Indem ſie aber in dem Innern des Subjectes liegen und daher nur von dieſem wahrgenommen werden können, gehören ſie in die Kategorie der ſubjectiven Geſichtserſcheinungen.

Die wichtigſte Quelle für dieſe Verhältniſſe und die ſubjectiven Geſichtsphänomene überhaupt bildet die durch Originalität, Scharfſinn und Beobachtungstreue gleich ausgezeichnete Arbeit von J. Purkinje Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne oder Beiträge zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht. Bd. I. Prag, 1819. 8. Zweite unveränderte Auflage. 1823. 8 Bd. II. Berlin, 1825. 8. Da wir nur die wichtigſten hierher gehörenden Thatſachen anführen können, ſo muß der Leſer, welcher ſich für dieſe Erfahrungen näher intereſſirt, vorzüglich die eben genannte Schrift zu Rathe ziehen.

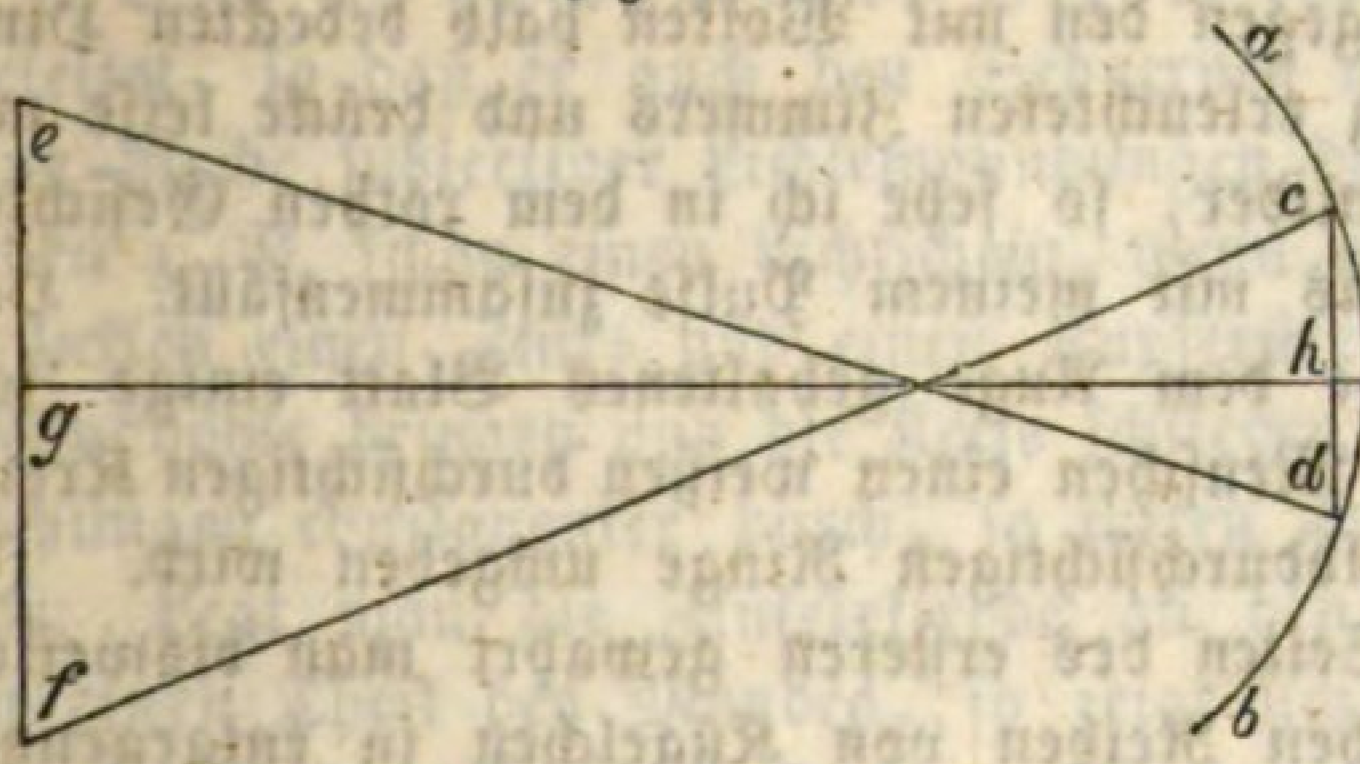
1162 Um die Verzweigung der Centralgefäße oder die ſogenannte Aderfigur ſeines eigenen Auges wahrzunehmen, dient am beſten folgende Methode. Man führt in einem dunklen Zimmer, während man den einen Bulbus geſchloſſen hält und mit dem anderen in den finſtern Raum hinſtarrt, eine Kerzenflamme in einem Abſtande von wenigen Zollen oder überhaupt ſo nahe als möglich, vor dem geöffneten Augapfel hin und her, ſo daß die Netzhaut abwechſelnd durch das Licht geblendet und von demſelben befreit wird. Die beabſichtigten Wirkungen treten alsdann um ſo früher ein, je empfindlicher oder je geübter ſie iſt. Es erſcheinen nämlich einzelne ſchwarze Verzweigungen, die ſich bald bei hinreichender Fort-

Fig. 194.



ſetzung des Verſuches zu den in beiſtehender Fig. a und b gezeichneten Stämmen und Veräſtelungen gruppiren. Oft gelingt es ſogar, vollkommene Capillarnetze an und zwiſchen ihnen wahrzunehmen. Vergleicht man hiermit die Verbreitung der Centralgefäße auf der Oberfläche der Netzhaut, wie ſie z. B. in Fr. Arnold Tabulae anatomicae. Fasc. II. tab. III. Fig. 5 und 6 ſehr naturgetreu dargeſtellt iſt, ſo wird man die vollkommenſte Uebereinſtimmung mit den Veräſtelungen der Gefäße, vorzüglich der Centralvene in der Nähe der Centralfalte finden [1]. Es wird mithin dann eine größere Umgebung des hinteren Endes der inneren Augenachſe durch den Verſuch dergeſtalt gereizt, daß ſie ſelbſt leuchtend zum Bewußtſein gelangt. Denn nach den §. 579 dargeſtellten Geſetzen muß auch die durch Licht übermäßig afficirte Retina als leuchtendes Feld wahrgenommen werden. Die unmittelbar davor liegenden undurchſichtigen Blutgefäße beſchatten aber entweder die ihnen entſprechenden Stellen der Netzhaut oder werden ſelbſt als die nächſt ſichtbaren, leuchtenden Gegenſtände wahrgenommen. Jedoch iſt die erſtere Annahme, wie man bald ſieht, aus optiſchen Gründen die wahrſcheinlichere. Sie zeigen ſich daher ſchwarz auf grauem helleren Grunde. Nun verſetzen wir die ſubjectiven Eindrücke nach außen. Angenommen nun, ab ſei die Netzhaut und cd ein ſolcher hindernder Gefäßſtamm, ſo wird er, wenn er in die Entfernung gh übergeführt wird, als ef erſcheinen, d. h. wir werden ihn ſo erblicken, als betrachteten wir ihn durch ein Mikroſkop. Wäre die reelle und die ſcheinbare Dicke der Gefäßſtämme bekannt, ſo ließe ſich, wie man leicht ſieht, berechnen, wie weit wir das ſubjective Bild nach außen verſetzen. Kurzſichtige oder Augen, die mit Convexlinſen bewaffnet ſind, ſehen das Gefäßbild eher und beſſer als weitſichtige [2].

Fig. 195.



Hinreichend geübte Augen bemerken überdies noch bei genauer Betrachtung dieſer Aderfigur zwei andere eigenthümliche Stellen. Verfolgt man nämlich die Gefäßſtämme bis zu ihrem Urſprunge, ſo ſieht man einen kreisförmigen Theil c (Fig. 194), d. h. die Eintrittsſtelle des Sehnerven. Nach innen von ihm erſcheint in einiger Diſtanz und in der Augenachſenverlängerung oder nahe bei ihr ein etwas querovaler, zum Theil beſchatteter vollſtändiger oder unvollſtändiger Kreis d, der ſich mithin auf der Netzhaut nach außen von dem Markhügel des Sehnerven befindet und,

[1]) Die abweichende Deutung dieſer Erſcheinungen von Wheaſtone wurden von Brewster in The London and Edinburgh Philosophical magazine. February 1834. 8. p. 115—20 widerlegt.

[2]) Mehrere Modificationen dieſes Verſuches ſ. in The London and Edinburgh Philosophical Magazine. London, 1834. 8. May p. 354—60.

wie ſeine Lage und Form beweiſt, das zum Theil beſchattete Central-loch iſt.

Sind die Blutgefäße des Auges überfüllt und geſellt ſich hierzu eine große Reizbarkeit der Netzhaut, ſo ſieht man bisweilen die Aderfigur leuchtend, indem wahrſcheinlich ihr geringer Druck ſchon hinreicht, die Retina an den entſprechenden Stellen zu afficiren. Dieſer Verſuch gelingt bisweilen, wenn man nach heftigem Laufen, Treppen- oder Bergſteigen in einen dunkelen Raum tritt oder plötzlich unter Waſſer taucht u. dgl. Bei ſehr angeſtrengtem anhaltenden Naheſehen zeigen ſich mir zahlreiche helle baumförmige Veräſtelungen, die wahrſcheinlich ebenfalls hierher gehören.

1163 Die Erſcheinungen, welche man auf die Sichtbarkeit des Blutumlaufes im Auge bezogen hat, ſind minder beſtimmt und weniger ſicher hervorzurufen. Wenn man ſehr aufgeregt iſt, z. B. Wein getrunken hat, ſo bemerkt man bisweilen ein allgemeines Pulſiren im ſubjectiven Geſichtsfelde, oder es entſtehen einzelne aufſpringende Punkte, die eine Strecke hinfliegen und bald wiederum verſchwinden. Ob die letzteren durch Blutkörperchen oder andere Gebilde bedingt werden, ſteht dahin. Hat man den Kopf eine Zeit lang nach unten gehalten, hebt ihn plötzlich und ſpringt mehrere Male mit verſchloſſenen Augen in die Höhe, ſo zeigen ſich nicht ſelten einzelne ſolcher Lichtpunkte, die eine Strecke weit fortgehen. Bin ich durch Gehen irgend aufgeregt, lehne mich in einem Stuhl ſchief zurück, wende die geſchloſſenen Augen gegen den mit Wolken halb bedeckten Himmel oder die Decke eines mäßig erleuchteten Zimmers und drücke leiſe mit den Zeigefingern auf die Augenlider, ſo ſehe ich in dem rothen Geſichtsfelde ein deutliches Klopfen, das mit meinem Pulſe zuſammenfällt. Hat man ein weißes möglichſt nahe dem Auge gehaltenes Blatt einige Zeit ſtarr fixirt, ſo bemerken manche Menſchen einen weißen durchſichtigen Kreis, der von einem bräunlichen halbdurchſichtigen Ringe umgeben wird. In dem letzteren und zu beiden Seiten des erſteren gewahrt man bisweilen zwei ſenkrechte Linien, in welchen Reihen von Kügelchen in entgegengeſetzten Richtungen fortgehen (Purkinje)[1]. Die letztere Erſcheinung ſtellte ſich mir bisweilen leuchtend dar, wenn ich eine Zeit lang in eine Kerzenflamme, die ein ſonſt dunkles Zimmer erleuchtete, ohne Unterlaß geſtarrt hatte.

1164 An dieſe Phänomene reiht ſich die ſogenannte Licht-Schattenfigur des Auges. Wenn man nämlich mit geſchloſſenen Lidern nach der Sonne oder mit geöffneten nach dem grauen wolkigen Himmel blickt und vor denſelben mit ausgeſpreizten Fingern hin- und herfährt, ſo ſehen Einige zuerſt einen ſchwarzen querovalen Fleck, der von einem hellen Saume umgeben wird. Bald darauf erſcheinen dunkle und helle muſiviſche Felder, welche von allen Menſchen wahrgenommen und vielleicht auf die innere Körnchenſchicht der Retina bezogen werden können. Bei manchen Perſonen ſetzt ſich die Erſcheinung weiter fort, ſo daß reguläre Schneckenlinien, die vielleicht den Ausdruck der regelmäßigen Anordnung der Elemente der Netzhaut bilden, Achtecke, welche wahrſcheinlich von den kleinen Strahlenfurchen auf der Centralfalte herrühren u. dgl. mehr hervortreten. Bei

---

[1] a. a. O. Bd. I. S. 127.

einzelnen Individuen zeigen ſich an den Muſiven ſtreckenweiſe polyedriſche Netze, welche in ihrer Geſtalt an die Zellen eines Pflaſterepithelium erinnern [1]).

Wendet man das Auge, vorzüglich des Morgens, wenn es ſeine 1165 volle Reizbarkeit noch beſitzt, während die Lider geſchloſſen ſind, raſch nach außen, ſo ſieht man einen feurigen Ring, der ſeiner Lage nach der Eintrittsſtelle des Sehnerven entſpricht und ſich daher bisweilen doppelt darſtellt, ſobald die heftige Drehung beider Augen in hinreichendem Maaße thätig iſt. Drückt man einen Bulbus bei offenen Augenlidern, ſo entſtehen aus den ſchon früher erörterten Gründen Doppelbilder der Objecte. Wird aber dieſelbe Operation bei geſchloſſenen Lidern vollführt, ſo erſcheint zuerſt eine ringartige Figur, mit welcher dann muſiviſche, rhombiſch angeordnete helle und zum Theil farbige Anſchauungen abwechſeln, oder Strahlen, die wiederum an die Furchen der Centralfalte erinnern, oder beiderlei Phantasmen zugleich [2]). Die ſtrahligen Figuren ſehe ich häufig in gelben und rothen Farben, während helle leuchtende Punkte fortwährend in dem übrigen Geſichtsfelde aufſpringen. Oft erſcheinen auch deutliche Blendungsbilder im Momente, wo der Druck aufhört. Dieſe Figuren wechſeln übrigens nach der Individualität des Auges und der Intenſität der Einwirkung in hohem Grade.

Wird ein galvaniſcher Strom durch die Nachbartheile der Orbita 1166 geleitet, ſo daß er auch den Sehnerven und die Netzhaut afficirt, ſo iſt eine Reihe ſubjectiver Lichtempfindungen die Folge dieſes Eingriffes. Wir ſehen z. B. ſchon einen Lichtſchein, wenn wir in der Dämmerung oder im Dunklen einen Zink- und einen Kupferſtreifen an verſchiedene Stellen der Mundhöhle bringen und die Kette ſchließen. Führt man aber ſolche Unterſuchungen conſequenter durch, ſo treten auch hier reguläre Figuren hervor. Legt man die Zinkelektrode an den Augapfel, die Kupferelektrode an einen Theil des Mundes, ſo zeigt ſich bei dem Schluſſe der Kette an der Stelle des Geſichtsfeldes, welche dem Markhügel des Sehnerven entſpricht, eine lichte hellviolette Scheibe, während ein dunkler rhomboidaler, von einem gelblichen rhomboidalen Lichtbande umgebener Fleck in der Augenachſenverlängerung hervortritt. Auf den letzteren folgt dann im Sehfelde ein finſterer Zwiſchenraum, auf dieſen ein ſchwächer leuchtendes gelbliches Rautenband und endlich in der äußerſten Peripherie ein ſchwacher lichtvioletter Schein, der bei dem Rollen des Auges an einzelnen Stellen heller wird. Die Farben, ſowie die Licht- und Schattenpartieen kehren ſich bei dem Oeffnen der Kette oder bei entgegengeſetzter Anlagerung der Elektroden um. Alle dieſe Erſcheinungen ſind aber während der Dauer des Schluſſes am ſchwächſten (Purkinje) [3]).

[1]) Siehe die Abbildungen bei Purkinje a. a. O. Bd. I. Tab. I. Fig. 1—4. Vgl. auch Mary Griffiths in The London and Edinburgh Philosophical Magazine. London, 1834. 8. p. 43—47. und Brewster ebendaſelbst. April. 241—45.

[2]) Siehe die nähere Beſchreibung bei Purkinje a. a. O. Bd. I. S. 22 fgg. Vgl. auch Brewster in The London and Edinburgh Philosophical Magazine. London, 1832. August. p. 89—92. Quetelet in den Annales de Chimie et Physique. Vol. LIV. Paris, 1833. 8. p. 94.

[3]) a. a. O. Bd. II. S. 31—50, wo noch andere Modificationen dieſer galvaniſchen Verſuche angegeben ſind.

1167 Schließt man die Augen und ſtarrt gerade vor ſich hin, ſo bemerkt man ein dunkles Schattenfeld, welches man in der Mitte am deutlichſten auffaßt, das dagegen nach außen immer unklarer wird, ungefähr wie auch die Grenze des deutlichen Sehens nach außen hin abnimmt. Wird es ſchärfer beobachtet, ſo zeigt es eine runde oder querlänglich runde Geſtalt und folgt den willkürlichen regelmäßigen Bewegungen der beiden Augäpfel, nicht aber der bloßen mechaniſchen Verſchiebung der Bulbi mit den Fingern. Auf ähnliche Weiſe verhalten ſich auch Blendungsbilder; nur verrücken ſie ſich auch nicht, wenn man willkürlich mit beiden Augäpfeln nach innen ſchielt (Volkmann) [1].

Betrachtet man das Schattenfeld genauer, ſo findet man, daß es nicht abſolut dunkel, ſondern von einem gewiſſen Lichtſchimmer im Ganzen oder an einzelnen Stellen durchfloſſen iſt. Fixirt man es einige Zeit, ſo treten nach und nach wandelnde ſich bewegende Nebelſtreifen hervor, welche nach Verſchiedenheit der Zuſtände differente Bogenformen matten Lichtes bilden [2].

1168 Endlich können wahrſcheinlich noch innere Theile, die hinter den Sehnervenfaſern der Retina liegen, zur Anſchauung gelangen. Hierher gehören vermuthlich kleine rundliche weiße und glänzende Körperchen, welche oft perlſchnurartig an einander gereiht ſind und die man daher nicht ganz richtig zu den ſogenannten Skotomen rechnet. Jeder Menſch ſieht ſie z. B., wenn er durch eine kleine Oeffnung gegen den beleuchteten Himmel blickt [3]. oder ſich zu anhaltend mit mikroſkopiſchen Unterſuchungen, vorzüglich bei Lampenlicht beſchäftigt. Debauchen, beſonders in Befriedigung des Geſchlechtstriebes, begünſtigen das Auftreten derſelben. Man bemerkt außer einzelnen Perlſchnurfäden, die bisweilen ganz ausbleiben, kleine runde Körnchen mit ſcharfen Rändern, die pflaſterartig angeordnet ſind und oft mehrere Schichten bilden, welche der Tiefe nach an Deutlichkeit abnehmen, ſowie einzelne gefaltete Striche oder Schlangenlinien und fadige Gebilde, die ſich bisweilen wie die Gefäße einer Nabelſchnur ſpiralig einrollen. Sie folgen den Bewegungen des Auges, ſenken ſich jedoch auch bei einzelnen Menſchen allmälig, wenn der Bulbus fixirt iſt [4]. Die abſolute Größe der Theile im Innern des Augapfels, von denen ſie herrühren, ſchätzt Ruete durchſchnittlich auf 0‴,0071 bis 0‴,0066.

Man kennt bis jetzt noch nicht genau die Elemente, deren Abbild die genannten Phantasmen darſtellen. Sie werden zwar im Allgemeinen auf Körnchen, die in der wäſſrigen Feuchtigkeit ſchwimmen, bezogen. Allein gerade dieſe Anſicht hat die geringſte Wahrſcheinlichkeit für ſich. Man findet zwar nicht ſelten bei der mikroſkopiſchen Unterſuchung einzelne Kör-

---

[1] Müller's Archiv. 1839. S. 234.

[2] Purkinje a. a. O. S. 57 fgg.

[3] Ueber die ähnlichen Linien, welche man bei dem Durchblicken durch eine feine Spalte wahrnimmt, ſiehe Pelet in den Annales de Chimie et Physique. Tome LIV. Paris, 1833. 8. p. 379—83.

[4] P. Prevoſt in den Mémoires de la societé de Physique et d'histoire naturelle de Genève, Tome V. 1832. 4. p. 243—56. Ruete klinische Beiträge etc. Heft I. Braunschweig, 1843. 8. S. 275.

perchen in der wäſſrigen Feuchtigkeit, allein ſie ſind häufig bloße veränderte Blutkörperchen, die aus den nothwendiger Weiſe verletzten Gefäßen herausgetreten, losgeſtreifte Epithelialgebilde u. dgl. Ueberdies müßten ſie, wenn ſie die Urſache ſolcher Skotome darſtellten, in reichlicherer Menge vorhanden ſein, in der Flüſſigkeit ihrer ſpecifiſchen Leichtigkeit wegen ſuspendirt bleiben und in dem ſubjectiven Geſichtsfelde beweglicher und dunkel erſcheinen. Eben ſo wenig ſtimmen die erwähnten Phantasmen mit den Linſenzellen, welche in der Morgagniſchen Feuchtigkeit exiſtiren, überein, da dieſe größer ſind, keine ſo regelmäßige Moſaik bilden und nicht ſelten Kerne enthalten. Endlich zeugt ihre regelmäßige Vertheilung gegen die Anſicht, daß ſie durch abfließende Schleimpartikeln der Oberfläche der Hornhaut bedingt werden. Dagegen erinnern die Körnchen des ſubjectiven Geſichtsfeldes in hohem Grade an die ebenfalls geſchichtete und nach der Entfernung der Lagen ungleich deutliche Körnchenmoſaik, welche man bei Unterſuchung der Netzhaut von ihrer Innenfläche aus wahrnimmt und die entweder in der inneren Körnchenſchicht oder noch häufiger und ſogar in den meiſten Fällen in den Anſatzſtellen der Stäbchen der Jacobſchen Membran ihren Grund hat. Nehmen wir an, daß die letzteren Elemente dieſe Erſcheinung vermöge ihrer Spiegelung bewirkten, ſo würde ſich hierdurch zugleich die helle Farbe der ſubjectiven Körnchen erklären. Nach dieſer Hypotheſe müßten Albinos das Phänomen in ſtärkerem Grade und unter gewöhnlicheren Verhältniſſen darbieten als Geſunde. Die größern Körperchen, welche iſolirter hervortreten, wenn die Oeffnung, durch welche man ſieht, ſehr klein iſt, könnten auf die Baſen der Zwillingszapfen bezogen werden. Jedoch bedarf dieſe Anſicht noch näherer experimenteller Bekräftigung. Ob die Fadengebilde, wie Brewſter glaubt, von Faſern, die im Innern des Glaskörpers exiſtiren, herrühren, ſteht noch dahin; daß ſie nicht durch Streifen allmälig verdunſtender Thränenflüſſigkeit bedingt werden[1]), läßt ſich mit Beſtimmtheit annehmen.

Halten wir die Idee feſt, daß alle Gebilde, welche vor der Netzhaut liegen, nach Maaßgabe ihrer Beſchattung als dunkele Flecke im Geſichtsfelde erſcheinen, ſo werden krankhafte Trübungen der Hornhaut, fremde ſuspendirte Körnchen oder Filarien der wäſſerigen Feuchtigkeit, Kalkkörnchen oder Entozoen in der Linſe, Trübungen und Streifen im Glaskörper, Varicoſitäten oder Extravaſate der Blutgefäßverbreitung der Netzhaut u. dgl., ſobald ſie die Fähigkeit der Beſchattung beſitzen, bewegliche oder fixe dunkele Flecke im Geſichtsfelde, ſogenannte Skotome oder fliegende Mücken (Mouches volantes) erzeugen. Dieſe Art von Täuſchungen verſchwindet im Finſtern. Das Gleiche gilt von denjenigen Skotomen, welche durch partielle Lähmungen der Netzhaut zu Stande kommen. In allen ſolchen Fällen wird der Fehler am meiſten dann beläſtigen, wenn er die Gegend der Centralfalte und vorzüglich des gelben Fleckens berührt. Denn wie wenig uns die Blindheit, welche einen Punkt des indirecten Sehens trifft, ſtört, zeigt der Umſtand, daß der Menſch die Unempfindlichkeit der Durchtrittsſtelle der Centralgefäße der Netzhaut ohne künſtliche Verſuche gar nicht merkt. Der ſchwarze Fleck im Geſichtsfelde wird bei ſolchen localen Amauroſen an einer beſtimmten Stelle verharren, den Bewegungen des Auges folgen und im Dunkeln mit dem übrigen Schwarz verſchwimmen, es ſei denn, daß das Schattenfeld vermöge der Reizbarkeit der Retina hell genug iſt, um den Unterſchied zur Auffaſſung zu bringen. Diejenigen Skotome dagegen, welche die

---

1) Siehe Aimé in den Annales de Chimie et Physique. Tome LVI. 1834. 8. p. 110.

Folge einer örtlichen krankhaften Reizung der Netzhaut, des Sehnerven oder der entſprechenden Primitivfaſern darſtellen, zeigen ſich bei geöffneten Augen dunkeler, verſchwinden aber nicht nur bei geſchloſſenen Lidern, ſondern erhalten dann mehr Glanz oder nehmen die Natur von Feuergeſtalten an. Sie ſind es zum Theil, welche Menſchen mit Congeſtionen nach dem Kopfe, Hypochondriſten und Hyſteriſche in hohem Grade beunruhigen, obgleich gerade bei den letzteren partielle Lähmungserſcheinungen nicht zu den Seltenheiten gehören. Sie gehen auch häufig den Amauroſen und dem Glaucom voran und ſetzen ſich oft nach eingetretener Blindheit oder ſelbſt nach Exſtirpation des Auges als ſubjective Feuerphantasmen fort. Solche Geſichtstäuſchungen treten auch oft bei Leiden der Art mit Farbenerſcheinungen hervor. Amblyopiſche ſehen häufig die Gegenſtände eine Zeit lang gelb, roth, blau oder ſchwarz. Solchen, die unmittelbar vorher die Operation der Cataracte überſtanden, nehmen ſie oft in blauen Farben wahr (Sichel, Szokalſki)[1]. Hierbei werden vorzüglich bei Amaurotiſchen ähnliche Farbenſucceſſionen, wie bei den Contraſtfarben bemerkt. Dieſe Thatſachen erklären ſich daraus, daß eine amblyopiſche Netzhaut einerſeits mehr Licht für ihre Empfindung braucht und daher bei hellem Tage dunkeler, in der Dämmerung gar nichts ſieht, und anderſeits ſehr leicht ermüdet. Endlich können auch Narcotica, wie der Gebrauch des Digitalis, das Eintröpfeln von Belladonna und Hyoscyamus ähnliche Farben- und Feuerbilder, von denen die von Purkinje ſogenannten Flimmerroſen die auffallendſten und charakteriſtiſchſten ſind, bedingen.

Hören.

1169 Wie das Auge die Empfindung der auf die Netzhaut fallenden Lichtſtrahlen vermittelt, ſo benachrichtigt uns das Ohr von den Schallwellen, welche den Hörnerven afficiren. Während aber das Licht ein imponderables Agens bildet, können ſich die Töne nur durch die ſtoßende Bewegung von wägbaren Stoffen, ſie ſeien elaſtiſch oder tropfbar flüſſig oder feſt, erzeugen und fortpflanzen. Eine Glocke tönt nicht mehr, wenn ſie ſich in einem luftleeren Raume befindet, erſchallt aber ſogleich, ſobald dieſer nur irgend mit Aether- oder Waſſerdünſten geſchwängert iſt. Das Gehör bildet mithin eine materiellere Sinnesempfindung als das Sehen. Bei dem letzteren wird allein der imponderable adäquate Reiz des Lichtes, bei dem Hören dagegen die Succeſſion der Stöße, ganz gleichgültig, von welcher Subſtanz ſie urſprünglich herrühren, wahrgenommen. Das Auge kann uns von den Verhältniſſen der fernſten Weltkörper, das Ohr nur von dem Atmoſphärenraume des Erdballes benachrichtigen.

1170 Allgemeine Tonverhältniſſe. — Soll ein Schall erzeugt werden, ſo muß irgend ein Körper gegen einen anderen ſtoßen und hierdurch eine Reihe von Veränderungen des Gleichgewichtes der Theilchen, die ſich bis zu dem Gehörorgane fortſetzen, hervorrufen. Eine bloße Bewegung dagegen, welche dieſe Bedingungen nicht erfüllt, bedingt auch keine Tönung. Ein einmaliger Stoß verurſacht dann einen einfachen Schall, der ſich durch bedeutende Stärke bis zu einem Knalle ſteigern kann. Wiederholen ſich die Stöße auf eine im Einzelnen unterſcheidbare, nicht ganz regelmäßige Weiſe, ſo hört man ein Geräuſch, das je nach Verſchiedenheit der Umſtände als Brummen, Schnarren, Brauſen, Ziſchen u. dgl. auftritt. Vermehrt ſich die Schnelligkeit der regulären Succeſſion

---

[1]) Szokalſki a. a. O. p. 132.

der Impulſe, ſo erhält man zuerſt einen Ton, bei welchem noch ein Geräuſch mitklingt. Folgen aber regulirte Stöße ſo raſch auf einander, daß ſie nicht mehr vereinzelt aufgefaßt werden können, ſo verwandelt ſich der Geſammteindruck in die Wahrnehmung eines Tones. Er afficirt unſer Ohr auf eine angenehme Weiſe, wenn die ihn bedingenden Oscillationen trotz ihrer Zahl und Geſchwindigkeit allmälig zu ihrem Maximum gelangen und ebenſo nach und nach auf ihr Minimum wiederum herabſinken oder mit einem Worte eine gewiſſe Regelmäßigkeit alle untergeordneten Vorgänge ſeiner Erzeugung beherrſcht. Werden dagegen die Impulſe tumultuariſcher, bewegen ſich ihre Wirkungen in minder ſanften Uebergängen, ſo berührt uns die Empfindung derſelben auf eine abſtoßende Art. Das erſtere haben wir z. B. bei ſchwingenden Maſſen, welche in ihrer Molecularbeſchaffenheit und Spannung gleichförmiger ſind, das letztere dagegen, wenn heterogene und unebene Körper in nicht gleichen Zeitintervallen gegen einander wirken. Daher wir auch ſogleich den Unterſchied der Tönung eines reinen Inſtrumentes von dem Schrillen eines über eine Glasfläche mit ſtarker Reibung dahingeführten Eiſenſtabes in unſerer ſubjectiven Auffaſſungsweiſe unterſcheiden.

Nur ſolche Subſtanzen, welche eine Reihe von hinreichend geſchwinden 1171
Oscillationen in Folge von Stößen vornehmen und wiederholen, ſind zur Tonbildung geeignet. Dieſes Erforderniß ſetzt aber einen beſtimmten Grad von Elaſticität voraus. Manche Körper beſitzen ihn von vorn herein, ſo daß ſie, wie z. B. Stahl, Glas u. dgl., bei der Starrheit ihrer Theile ſchon nach jedem Impulſe tönen. Andere dagegen, wie z. B. Saiten oder Membranen, müſſen an ihren Enden befeſtigt und mit einer gewiſſen Kraft geſpannt ſein, wenn ſie den zu ihren Schwingungen nöthigen Grad von Elaſticität erhalten, und nach Stößen, die auf ſie ausgeübt werden, akuſtiſch wirken ſollen. Das Vorherrſchen einer einzigen Längendimenſion, alſo die Form eines Stabes, eines Cylinders, einer Saite, einer Membran, begünſtigt die Tönung in hohem Grade. Sie erſcheint am leichteſten an feſten Körpern, iſt aber bei tropfbar oder elaſtiſch flüſſigen ebenfalls möglich.

Die Vibrationen, welche in Folge der ausgeübten Stöße und der 1172
Elaſticität der getroffenen Körper entſtehen, laſſen ſich am füglichſten mit den Wellen der Flüſſigkeiten vergleichen. Sie werden daher auch mit dem Namen der Schallwellen bezeichnet und in Beugungs- und Verdichtungswellen unterſchieden. Die erſteren beſtehen darin, daß die Oberfläche der Subſtanz die Form von Wellenbergen und Wellenthälern annimmt. Eine ſolche Veränderung findet aber bei den letzteren nicht Statt; man denkt ſich vielmehr die inneren Vorgänge als Verdichtungen, welche den Orten der Wellenberge, und Verdünnungen, die den Stellen der Wellenthäler entſprechen, unterſcheidet auch wohl Verdichtungs- und Verdünnungswellen und nennt den ganzen Proceß die Bildung von Molecularwellen. Beide Arten von Schwingungen können übrigens, wie wir z. B. an tönenden Stäben oder Saiten oder ſelbſt an unſerem Trommelfelle ſehen, zu gleicher Zeit auftreten.

1173 Eine Welle wird ſtehend, wenn ſie ſich eine Reihe von Malen an einer und derſelben Stelle des tönenden Körpers wiederholt, fortſchreitend dagegen, ſobald ſich die Bewegung auch auf Theile ausdehnt, welche nicht unmittelbar durch den anregenden Impuls getroffen werden. Es ergiebt ſich aber hieraus von ſelbſt, daß ſtehende Wellen fortlaufende und umgekehrt bedingen können.

1174 Ein tönender Körper ſchwingt entweder im Ganzen, wie z. B. eine angeſpannte Saite, welche an einem Punkte gedehnt und wieder losgeſchnellt wird, oder er ſondert ſich in eine Reihe aliquoter Theile, von denen jeder ſeine eigenthümlichen Vibrationen vornimmt. Dieſe ſind in benachbarten Parthieen entgegengeſetzt gerichtet, während die Grenzpunkte zwiſchen beiden ruhen und mit dem Namen der Knotenpunkte belegt werden. Wenn man z. B. eine geſpannte Saite mit Papierſtückchen belegt, ſo daß eines auf die Hälfte und eines auf das dritte Viertheil, die anderen aber auf andere Stellen derſelben kommen, ſie nun an dem Ende des erſten Viertheils leiſe feſthält und diesſeits deſſelben mit einem Violinbogen anſtreicht, ſo ſpringen alle Papierfragmente mit Ausnahme der beiden oben genannten hinweg, weil ſich an dem zweiten und dritten Viertheile Knotenpunkte, die in Ruhe bleiben, erzeugen. Auf ſchwingenden flächenartigen Theilen verwandeln ſich die von der Bewegung ausgeſchloſſenen Stellen in Knotenlinien. Beſtreut man eine Glasplatte mit feinem Sande oder Lycopodiumſtaub, hält ſie an dem einen Ende feſt und ſtreicht ſie an einer Stelle ihres Randes mit einem Violinbogen an, ſo beſtimmt der Anhaltspunkt des Glaſes, wenn ſonſt die Form deſſelben und die übrigen Verhältniſſe die gleichen bleiben, die ruhenden Linien, der Ort und die Art des Striches dagegen die Bewegung der feinen aufgeſtreuten Theile. Es entſtehen auf diele Weiſe die Chladniſchen Klangfiguren, die um ſo einfacher werden, je tiefer der Ton iſt.

1175 Feſte Körper, an denen vorzugsweiſe eine Dimenſion, die man als deren Längenausdehnung betrachtet, vorherrſcht, eignen ſich, wie ſchon zum Theil bemerkt wurde, am beſten, um tönende Schwingungen zu erzeugen. Dieſe ſind dann größtentheils transverſal, bisweilen aber auch longitudinal, ſeltener drehend. Die letzteren beſtehen darin, daß ſich die Stäbe, an welchen allein ſie genauer beobachtet worden, abwechſelnd nach rechts und links wenden [1]). Häufig pflanzen ſich zugleich Molecularwellen längs der Ausdehnung des vibrirenden Körpers fort und bedingen Nebentöne oder können auch, wenn ſich die Stöße raſch genug wiederholen, wie bei der Aeolsharfe, eine Grundtönung erzeugen.

1176 Theorie und Erfahrung ſtimmen darin überein, daß ſich die Schwingungszahlen in jeder Beziehung gleicher Saiten umgekehrt wie ihre Längen verhalten. Macht z. B. eine homogene Saite n Schwingungen in der Secunde, ſo vibrirt ſie 2 n Mal, wenn man ſie auf ihre Hälfte verkürzt und durch denſelben Impuls anregt. Bei $1/3$, $1/4$, $1/5$, $2/3$, $3/4$ Länge ſind ihre Vibrationen 3, 4, 5, $3/2$, $4/3$ n. Beſtehen zwei Saiten aus dem

[1]) E. F. F. Chladni die Akuſtik. Leipzig, 1802. 4. S. 63 fgg. u. S. 110.

gleichen Material und haben ſie dieſelbe Länge und Spannung, ſo verhalten ſich ihre Schwingungszahlen, welche in Folge eines beſtimmten Impulſes entſtehen, umgekehrt wie ihre Durchmeſſer. Die halb ſo dünne vibrirt noch einmal ſo geſchwind als die dickere. Iſt die Spannung unter ſonſt gleichen Verhältniſſen verſchieden, ſo ſteht die Schwingungszahl in directem Verhältniſſe der dehnenden Gewichte. Wenn z. B. an einer Saite 9, an der anderen 25 Gewichtstheile arbeiten, ſo wird die erſtere in jeder Zeiteinheit proportionell 3=, die letztere 5mal ſchwingen. Bei Saiten endlich von ungleichem Material verhalten ſich die Zahlen der Oscillationen der Theorie nach umgekehrt, wie die Quadratwurzeln ihrer Dichtigkeiten, ein Geſetz, das nicht ſelten in der Erfahrung durch einzelne, nicht genau zu beſtimmende Nebenumſtände bedeutend modificirt wird.

Die Höhe des Tones hängt von der Zahl der Schwingungen, 1177
welche innerhalb einer beſtimmten Zeit zu Stande kommen, ab. Giebt z. B. ein Stab oder eine Saite einen Grundton an, ſo erhält man die Octave deſſelben, wenn man die Länge des tönenden Körpers halbirt und er mithin unter ſonſt gleichen Verhältniſſen die doppelte Zahl von Schwingungen in der Secunde zu Stande bringt. Liegt die Menge der Vibrationen zwiſchen 1 und 2, ſo entſtehen die untergeordneten Töne, welche innerhalb einer Octave möglich ſind. Am beſten läßt ſich dieſes an dem ſogenannten Monochord nachweiſen. Dieſes Inſtrument[1]) beſteht in einer durch ein gewiſſes Gewicht geſpannten Saite, welche nach Belieben in aliquoten Theilen eingeſtellt werden kann und mit den nöthigen Reſonanzwerkzeugen verſehen iſt. Hierbei ergeben ſich dann für die einzelnen in der Muſik gebräuchlichen Töne folgende Zahlen, die jedoch in Betreff mancher untergeordneten Verhältniſſe von verſchiedenen Beobachtern zum Theil abweichend angenommen werden[2]):

Töne.	Relative Längen der Saiten.		Relative Zahlen der Schwingungen in einer beſtimmten Zeiteinheit.	
c. Einklang.	1	1,000000	1	1,000000
c bis cis. Uebermäßige Prime.	$\frac{24}{25}$	0,960000	$1\frac{1}{24}$	1,041667
c bis des. Kleine Secunde.	$\frac{15}{16}$	0,937500	$1\frac{1}{15}$	1,066667
c bis d. Große Secunde.	$\frac{9}{10}$	0,900000	$1\frac{1}{9}$	1,111111
Dieſelbe nach Chladni.	$\frac{8}{9}$	0,888888	$1\frac{1}{8}$	1,125000
c bis dis. Uebermäßige Secunde.	$\frac{108}{125}$	0,864000	$1\frac{17}{108}$	1,157407
Dieſelbe nach Chladni.	$\frac{64}{75}$	0,853333	$1\frac{11}{75}$	1,171875

[1]) Eine Abbildung dieſes Apparates ſiehe z. B. in Pouillet=Müller Lehrbuch der Phyſik und Meteorologie. Bd. II. Braunſchweig, 1843. 8. S. 44. Fig. 586.

[2]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 340.

Töne.	Relative Längen der Saiten.		Relative Zahlen der Schwingungen in einer beſtimmten Zeiteinheit.	
c bis es. Kleine Tertie.	5/6	0,833333	1 1/5	1,200000
c bis e. Große Tertie.	4/5	0,800000	1 1/4	1,250000
c bis fes. Verminderte Quarte.	25/32	0,781250	1 7/25	1,280000
c bis f. Große Quarte.	3/4	0,750000	1 1/3	1,333333
c bis fis. Uebermäßige Quarte.	18/25	0,720000	1 7/18	1,388889
c bis ges. Verminderte Quarte.	25/36	0,694444	1 11/25	1,440000
c bis g. Große Quinte.	2/3	0,666667	1 1/2	1,500000
c bis gis. Uebermäßige Quinte.	16/25	0,640000	1 9/16	1,562500
c bis as. Kleine Sexte.	5/8	0,625000	1 3/5	1,600000
c bis a. Große Sexte.	3/5	0,600000	1 2/3	1,666667
Dieſelbe nach Hallſtröm.	65/109	0,596330	1 44/65	1,676923
oder	161/270	0,596296	1 109/161	1,677019
oder	31/52	0,596154	1 21/31	1,677420
oder	16/27	0,592593	1 11/16	1,687500
c bis ais. Uebermäßige Sexte.	72/125	0,576000	1 53/72	1,736111
c bis b. Kleine Septime.	9/16	0,562500	1 7/9	1,777778
Dieſelbe nach Chladni.	5/9	0,555556	1 4/5	1,800000
c bis h. Große Septime.	8/15	0,533333	1 7/8	1,875000
c bis ces. Verminderte Octave.	25/48	0,520833	1 23/25	1,920000
c bis $\bar{c}$. Vollkommene Octave.	2	2,000000	2	2,000000

Uebrigens wurden auch ſchon die Werthe der ganzen Töne bei Gelegenheit der Phyſiologie der Stimme §. 928 angeführt.

1178 Die Stärke des Tones ſteht nicht mit der Zahl der Schwingungen oder der ſpäter zu betrachtenden Länge der Wellen, ſondern mit dem Grade der Verdichtung und der Geſchwindigkeit, welche in den Lufttheilchen durch den ſchallenden Körper erregt werden, in Verbindung.

1179 Außer einem Haupttone entſtehen noch Nebentöne, wenn heterogene Schwingungen neben den Hauptvibrationen vorhanden ſind. Während ſich z. B. eine Saite bewegt, kann auch jede Hälfte derſelben ihre Oscillationen vollführen. Es erzeugt ſich dann noch nebenbei derjenige Ton, welcher der doppelten Schwingungszahl des Grundtones entſpricht, d. h. die Octave deſſelben. Aehnliche Erſcheinungen finden ſich bei Flageolettönen der Bogeninſtrumente. Berührt man die Saite leiſe mit dem Finger

und ſtreicht ſie ſchwach mit dem Bogen an, ſo bilden ſich Schwingungsknoten, welche den klingenden Körper in aliquote Theile ſondern und demgemäß höhere Töne bedingen. Die mäßigen Berührungen des Windes, welcher die Saite einer Aeolsharfe in Schwingung verſetzt, erzeugen durch ihre partiellen Druckwirkungen reguläre Schwingungsknoten, durch welche harmoniſche Töne zu Stande kommen. Auch bei der menſchlichen Stimme (§. 934)[1]) und nicht minder bei einzelnen Inſtrumenten, wie dem Horn, den Pfeifen u. dgl. erklingt bisweilen der Nebenton der Octave oder der Quinte. Endlich können ähnliche Phänomene noch dadurch bedingt werden, daß ein ſchwingender Körper einen anderen zu eigenthümlichen harmoniſchen oder disharmoniſchen Vibrationen veranlaßt.

Dieſe letzteren Erſcheinungen ſtehen mit den Phänomenen der Reſo- 1180
nanz in engſter Verbindung. Wenn ein Körper ſenkrecht mit einem anderen feſt verbunden iſt, ſo rufen longitudinale Schwingungen des erſteren transverſale des letzteren, und umgekehrt hervor. Schallwellen einer feſten Subſtanz bringen die Luft und ſolche der Atmoſphäre benachbarte feſte Körper zu entſprechenden Erſchütterungen. Dieſe mitgetheilten Schwingungen verſtärken oft den Ton, geben ihm einen volleren Klang und machen ihn hörbarer. Auf ihnen beruhen alle Reſonanzwerkzeuge, welche wir in den muſikaliſchen Inſtrumenten, den akuſtiſch gebauten Zimmern, dem Stimmorgane und den Gehörwerkzeugen des Menſchen und der Thiere antreffen. Der beſondere Klang aber, den jeder tönende Körper beſitzt, wird einerſeits von ſeiner eigenthümlichen Verdichtung und Verdünnung und der Geſchwindigkeit der fortgepflanzten Schallwellen und anderſeits von den acceſſoriſchen Reſonanzverhältniſſen bedingt.

Soll ein Ton von uns vernommen werden, ſo müſſen ſich die durch 1181
ihn urſprünglich erregten Schallwellen bis zu unſerem Ohre fortpflanzen. Gewöhnlich geſchieht dieſes durch Vermittelung der Atmoſphäre, welche ſich zwiſchen der vibrirenden Maſſe und unſerem Ohre befindet. Entſteht eine durch einen luftleeren Raum bedingte Lücke, ſo fehlt auch die Wahrnehmung der Tonbildung. Daher wir das Klingen einer Glocke, die ſich in dem Vacuum der Luftpumpe befindet, nicht mehr wahrnehmen. Allein auch feſte und flüſſige Subſtanzen eignen ſich zur Uebertragung der Schallwellen auf unſer Gehörorgan und dienen hier ſogar bisweilen beſſer als die bloße Atmoſphäre. Klopft ein Menſch ſo leiſe an das eine Ende eines Tiſches, daß es ein am anderen Ende deſſelben befindliches Individuum nicht mehr hört, ſo nimmt dieſes den Ton wahr, wenn es das Ohr unmittelbar an das Holz anlegt. Verſtopft man ſich die Ohren feſt mit Baumwolle oder naſſem Papier, ſo hört man das Pochen an einer Wand viel ſtärker, wenn man dieſe mit den eingefügten feſten Körpern durch einen Holzſtab in Verbindung bringt, als wenn ſich nur eine Schicht Atmoſphäre zwiſchen beiden befindet. Man empfindet gewiſſermaßen die Reſonanz, welche in dem dichten Stabe zu Stande kommt, deutlicher. Läßt man ein kleines Porcellannäpfchen auf Waſſer, das in einem Teller enthalten iſt,

---

[1]) Vgl. Gehler's physikalisches Wörterbuch Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 327.

ſchwimmen und in daſſelbe ein Geldſtück hineinfallen, während ein Stab von Holz oder Glas das verſtopfte Ohr mit dem Waſſer oder dem Teller verbindet, ſo hört man den Ton voller und klingender, als wenn jene Vermittelung durch feſte Körper mangelt. Das Reſultat wird um Vieles ungünſtiger, wenn man den Kopf in den Teller ſo einlegt, daß das Ohr in Waſſer taucht und die Münze durch einen Gehilfen in das Schälchen hinabfallen läßt. Bisweilen iſt der Unterſchied, und zwar vorzüglich wenn der äußere Gehörgang viel Luft enthält, in Verhältniß zu dem gewöhnlichen Hören kaum wahrzunehmen. Endlich theilen ſich Schallwellen unmittelbar aus der Luft dem Waſſer viel ſchwerer als der benachbarten Atmoſphäre mit. Dieſem Uebelſtande kann aber dadurch abgeholfen werden, daß man eine Membran als Scheidewand zwiſchen Luft und Waſſer einſchaltet. Läßt man eine einfache Pfeife, die keine Seitenlöcher beſitzt, während ihr unteres Ende in Waſſer taucht, anblaſen, ſo hört man die Tönung nur ſchwach, wenn man ſich die Ohren verſtopft und einen Verbindungsſtab von Glas in der oben erwähnten Weiſe angebracht hat. Man vernimmt ſie aber ſehr gut und in klangreicher Weiſe, ſobald das im Waſſer befindliche Ende der Pfeife mit einer ſelbſt nicht geſpannten Schweinsblaſe verſchloſſen iſt. Das Ergebniß fällt am günſtigſten aus, wenn ſich der Stab in der Richtung der Wellenbewegung oder der Pfeife befindet. Der tiefſte Grundton derſelben bei ſchwächſtem Anſpruche oder ſelbſt mittlere Töne eignen ſich zu dieſen Verſuchen am beſten. Hohe dagegen bieten entweder gar keine oder eine nur unbedeutende Verſtärkung dar. Fährt man mit dem Stabe in dem Becken herum, ſo ſchwillt der Ton jedes Mal, wenn er bei der Trennungsmembran vorübergeht, in bedeutendem Maaße an (Joh. Müller) [1].

1182 Die Geſchwindigkeit, mit welcher ſich die Schallwellen in verſchiedenen Medien fortpfanzen, entſpricht den eben erläuterten Verhältniſſen. Was die Luft betrifft, ſo ergiebt ſich nach der Formel von Laplace bei 0° C. eine Schnelligkeit von 327,52 Meter = 1008,25 pariſer Fuß [2]), oder nach anderen Grundwerthen 337,02 Meter = 1037,49 par. Fuß in der Secunde. Die Temperatur übt nämlich auf dieſes Reſultat einen weſentlichen Einfluß aus, weil die Geſchwindigkeit der Schallwellen von der Elaſticität der Körper abhängt und ſich dieſe dem Ausdehnungscoefficienten entſprechend ändert. Nehmen wir den der Atmoſphäre nach den neueren Beſtimmungen zu 0,003665 für jeden Celſius'ſchen Wärmegrad an und bezeichnen die Temperatur mit t, die Schnelligkeit des Schalles bei einer beſtimmten Wärme mit c, die bei 0° C. dagegen mit c′, ſo haben wir $c' = \frac{c}{\sqrt{(1 + 0{,}003665\, t)}}$. Arago [3]) fand bei 16° C. 340,88 Meter in der Secunde. Dieſes giebt daher bei 0° C. 331,304 Meter = 1019,901 par. Fuß. Nach Moll und van Beek [4]) gleicht dieſer

[1]) Physiologie. Bd. II. Coblenz, 1838. S. 420. 21.
[2]) Ein Meter = 3,07844 par. Fuß.
[3]) Annales de Chimie et Physique. Tome XX. p. 210.
[4]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. S. 395.

Werth bei 0° C. und dem älteren Ausdehnungscoefficienten 332,049 Meter = 1022,19 par. Fuß in der Secunde. Daß die Einflüſſe der Temperatur auch bei ſehr hohen Kältegraden die gleichen bleiben, lehren die von Kendal in nördlichen Polargegenden angeſtellten Beobachtungen [1]), welche Temperaturgrenzen von — 2°,5 C. bis — 40°,56 C. betreffen. Zieht man aus ihnen das Mittel, ſo erhält man für jeden Celſius'ſchen Grad 0,6365 Meter, während der theoretiſchen Berechnung nach 0°,6 Meter herauskommt.

Ueber die berechnete und die durch Beobachtung ermittelte Fortpflanzungsgeſchwindigkeit des Schalles in verſchiedenen Gaſen ſiehe Muncke in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 478. Vergl. auch Repertorium der Physik. Berlin, 1842. 8. S. 105—107.

Die durch Erfahrung gefundene Fortpflanzungsgeſchwindigkeit des 1183
Schalles im Waſſer gleicht 1435 Meter oder 4417,57 par. Fuß; die durch Rechnung erhaltene 1428 Meter = 4396,02 par. Fuß (Colladon und Sturm). Sie iſt mithin, wenn man den erſteren Werth zum Grunde legt, 4,3 Mal ſo groß als die in der Luft. Noch bedeutendere Werthe erhält man bei verſchiedenen feſten Körpern. So fand z. B. Chladni mittelſt eines von E. H. und W. Weber beſtätigten Theorems, das ſich auf die durch Longitudinalſchwingungen verſchiedener feſter Körper und Luftſäulen zu erzeugende Höhe der Töne bezieht, daß die Schnelligkeit der Fortpflanzung der Schallwellen in Fiſchbein $6\frac{2}{3}$, in Zinn $7\frac{1}{2}$, in Silber 9, in Meſſing, Nußbaum, Taxus-, Eichen- oder Pflaumenholz $10\frac{2}{3}$, in irdenen Pfeifenröhren 10 bis 12, Kupfer 12, Birnbaum- oder Rothbuchenholz $12\frac{1}{2}$, Akazien-, Eben-, Hagenbuchen-, Ulmen-, Erlen- und Birkenholz $14\frac{2}{5}$, Linden- und Kirſchbaumholz 15, Weiden- und Pinienholz 16, Glas, Eiſen oder Stahl $16\frac{2}{3}$ und in Tannenholz 18 Mal ſo groß als in der Atmoſphäre iſt. Nach Biot und Martin haben in dieſer Hinſicht die Wände gußeiſerner Röhren einen 10,5 Mal ſo ſtarken Werth als die Luft.

Nach den eben erwähnten Thatſachen läßt ſich die abſolute Länge der 1184
Schallwellen eines Tones von beſtimmter Höhe in einem einzelnen Medium leicht berechnen. Denn geſetzt, die Fortpflanzungsgeſchwindigkeit der Oscillationen in der Secunde ſei = c und die Zahl der Schwingungen, welche einer Tonhöhe zukommen, = n, ſo beträgt natürlich die Länge jeder einzelnen Schallwelle $\frac{c}{n}$. Sie wird mithin in Waſſer 4,3 und in dem Tannenholze 18 Mal ſo groß als in der Luft ſein. Wenn z. B. der tiefſte nach den gegenwärtigen Verhältniſſen noch hörbare Ton 14 einfache Schwingungen in der Secunde macht, ſo giebt dieſes für die Atmo-

[1]) Ebendaſelbſt. S. 399.

[2]) Die Akuſtik. Leipzig, 1802. 4. S. 266. Vgl. auch Pouillet-Müller Lehrbuch der Phyſik. Bd. II. Braunſchweig, 1843. 8. S. 85.

[3]) E. H. und W. Weber Wellenlehre auf Experimente gegründet oder über die Wellen tropfbarer Flüssigkeiten mit Anwendung auf die Schall- und Lichtwellen. Leipzig, 1825. 8. S. 467.

ſphäre eine Wellenlänge von $\frac{1019,901}{14} = 72,85$ Fuß, während die höchſte von dem menſchlichen Ohre wahrnehmbare Tönung von 48000 Schwingungen $\frac{1019,901}{48000} = 0,02125$ pariſer Fuß = 0,255 oder ungefähr ¼ Linie fordert. Wir hätten dann für das Waſſer 313,255 bis 0,91375 Fuß als die beiden Extreme.

1185 Gehen die Schallwellen aus einem Medium in ein anderes oder aus einer dünneren Schicht in eine dichtere deſſelben Mittels über, ſo werden ſie wie die Lichtwellen zum Theil zurückgeworfen. Der Einfallswinkel gleicht dann auch hier dem Reflexionswinkel. Auf dieſen Verhältniſſen beruhen die Erſcheinungen des Echo, einzelner ſpäter zu erwähnender Hörapparate und der akuſtiſch gebauten Sprachzimmer. Hat das letztere z. B. eine elliptiſche Wölbung, ſo werden die Wellen, welche von dem einen Brennpunkte ausgehen, nach dem anderen zurückgeworfen. Man vernimmt überhaupt nicht ſelten auf dieſe Weiſe die Töne in curviſchen Räumen an einzelnen Stellen beſſer als an anderen. Solche Reflexionserſcheinungen finden ſich auch bei Tönungen, welche durch Wellen des Waſſers oder feſter Körper bedingt werden.

1186 Zuleitung der Schallwellen zu unſerem Hörnerven. — Die uns umgebende atmoſphäriſche Luft übernimmt faſt immer unter den gewöhnlichen Verhältniſſen die Rolle des Vermittlers zwiſchen dem tönenden Körper und unſerem Gehörorgane. Die Oscillationen, welche auf dieſe Weiſe durch ſie fortgepflanzt werden, dringen um ſo beſſer zu unſerem Ohre, je dichter die Luft iſt. Wir hören deshalb auch ſchlechter auf bedeutenden Höhen (§. 61) und leichter in bedeutenden Tiefen, bei hohem Barometerſtande, großer Kälte und heiterer dampf- und dunſtfreier Atmoſphäre.

1187 Schwingungen, welche primär in der Luft entſtehen, werden leichter als ſolche, welche von einer Flüſſigkeit oder einem feſten Körper ausgehen und ſich daher geſchwächt der uns berührenden Atmoſphäre mittheilen, wahrgenommen. Dagegen tritt wieder die Empfindung ſtärker hervor, wenn erzitternde feſte Subſtanzen von ihnen eingeſchloſſene Luftmaſſen in Erſchütterung ſetzen und der Totaleffect beider Verhältniſſe durch die Atmoſphäre zu unſerem Ohre gelangt. Hierauf beruhen die Vortheile der Reſonanzwerkzeuge, des Sprachrohrs, des Hörrohrs u. dgl. Befanden ſich Biot und Martin in den ruhigen Nachtſtunden zwiſchen 1 und 4 Uhr an den beiden Enden einer 951,25 Meter langen Waſſerleitung, ſo wurde das leiſeſte Geſpräch an dem einen Ende an dem anderen deutlich vernommen. Bei Tage dagegen fielen die Reſultate um Vieles ſchwächer aus. Eine zu große Weite der Röhre hebt dieſe günſtigen Verhältniſſe wiederum auf.

1188 Entſteht ein Schall unter Waſſer und muß er ſich, ehe er zu unſerem Gehörorgane gelangt, der Luft mittheilen, ſo geht hierdurch ein Theil ſeiner Intenſität verloren. Man hört daher den Ton unter ſonſt gleichen Verhältniſſen unter Waſſer ſelbſt ſtärker und in einer größeren Entfernung

als in der Atmoſphäre. Ebenſo kann man ihn in der letzteren beſſer wahrnehmen, wenn man ſich das Ohr mit Baumwolle oder feuchtem Papier verſtopft und zwiſchen dieſen Körpern und dem Waſſer eine Verbindung durch einen Holz- oder Glasſtab anbringt.

Die Schwingungen feſter Körper dringen am zweckmäßigſten wie- 1189
derum durch feſte Subſtanzen, ſchlechter dagegen durch halbfeſte oder flüſſige zu unſerem Gehörorgane. Halten wir z. B. eine Uhr in einer ſolchen Entfernung, daß wir den Schlag derſelben nicht mehr hören, ſo vernehmen wir ihn verhältnißmäßig ſehr ſtark, ſobald wir uns einen Holzſtab in den äußeren Gehörgang eindrücken und ihn mit ſeinem anderen Ende an das Uhrglas anlegen. Auf denſelben Verhältniſſen beruht die bekannte Erſcheinung, daß das Picken einer Uhr, die man in den Mund genommen, deutlicher wird, wenn ſie an den Zähnen, vorzüglich des Oberkiefers, anliegt, die Verſtärkung dagegen zurücktritt, ſo wie ſie nur auf Weichtheilen der Zunge oder den Lippen ruht.

Können nicht die Schallwellen bloße atmoſphäriſche Luft oder über- 1190
haupt ein einfaches Mittel durchlaufen, ſondern ſind ſie genöthigt, durch eine Reihe von heterogenen Medien zu ſtreichen, ſo geht hierdurch ein großer Theil der Intenſität der Tönung zu Grunde. Ein Wecker verliert immer mehr an der Kraft ſeines Schalles, wenn man über ihn ſucceſſiv eine Zahl von Glasglocken ſtürzt, eine Uhr, wenn man ſie mit einigen Lagen Leinwand umwickelt [1]). Hierbei iſt der Uebergang aus dem Waſſer in die Luft leichter als umgekehrt. Taucher hören nichts von dem, was an der Oberfläche des Waſſers vor ſich geht, während man oben das Anſchlagen an eine Taucherglocke, die 30 Fuß tief liegt, deutlich vernimmt. In dieſer ſelbſt angeregte Luftſchallwellen werden bedeutend verſtärkt. Eine in ihr angeblaſene Pfeife z. B. giebt ausnehmend ſtarke Töne [2]).

Wie die verſchiedenſten Lichtwellen einen Körper in den mannichfach- 1191
ſten Richtungen durchdringen können, ſo findet auch das Gleiche in Betreff der Schalloscillationen Statt. Die einzelnen Theile des Ohres und des Kopfes bedingen keine Ausnahme von dieſem Geſetze.

In dem Auge dienen alle Apparate, welche vor der Netzhaut liegen, 1192
zu der nothwendigen Zuleitung und Brechung der Lichtſtrahlen. Daß auch die meiſten Organe der Gehörwerkzeuge bloße Vorbereitungsapparate für den Hörnerven bilden, leidet keinen Zweifel. Allein die wiſſenſchaftliche Erläuterung des ſpeciellen Nutzens dieſer Gebilde iſt bei Weitem unvollſtändiger als die des Auges. Dieſes liegt nicht ſowohl in dem Mangelhaften der anatomiſchen Kenntniſſe des Gehörganges — denn daſſelbe iſt faſt eben ſo ſpeciell wie das Auge bekannt — als in dem Nachtheile, in welchem ſich akuſtiſche Studien in Verhältniß zu den optiſchen befinden. In dem Auge haben wir an den Eigenthümlichkeiten der brechenden Linſen, den Erſcheinungen der dunklen Klammer und der ſcharf mathematiſchen Behandlung der ganzen Optik feſte Anhaltpunkte, ſo daß der dioptriſche Theil

---

[1]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. S. 499.

[2]) C. Poor Theoria sensuum. Pestini, 1786. 8. p. 273.

der Lehre vom Sehen in den meiſten Punkten auf feſter Baſis einhergeht. In der Phyſiologie des Ohres iſt dieſes nicht der Fall. Die Akuſtik vermag nicht ihre Schallwellen mit ſolcher Schärfe zu verfolgen als die Optik ihre Lichtundulationen. Faſt alle muſikaliſchen Inſtrumente ſind durch empiriſche Routine, nicht aber durch theoretiſch wiſſenſchaftliche Conſtruction entſtanden und die wenigen, welche wie Chladni's Euphon oder Savart's Geige aus Bemühungen letzterer Art hervorgingen, hatten ſich keiner allgemeinen Einführung bis jetzt zu erfreuen. Bedenken wir übrigens, daß z. B. eine genügende Theorie eines einfachen Sprachrohres noch immer zu den Deſideraten der Akuſtik gehört, daß hier überhaupt alle Vorgänge gleichſam weniger greifbar ſind. als die des Lichtes, ſo darf es uns nicht wundern, wenn die Phyſiologie des Gehörorganes noch ſo vieles Lückenhafte und Hypothetiſche, ſo viele Möglichkeiten darbietet. Der beſte Beweis der Unvollkommenheit dieſes Zweiges unſerer Wiſſenſchaft liegt aber darin, daß uns oft derſelbe Zweck durch mehrere verſchiedene Theile des Gehörapparates realiſirbar zu ſein ſcheint, während doch unzweifelhaft jeder einzelne ſeine von den übrigen unterſchiedenen Specialzwecke verfolgt.

1193 Mechanik des Ohres. — Das äußere Ohr beſitzt zu den Schallwellen ein doppeltes Verhältniß. Es kann ſie nämlich einerſeits reflectiren und andrerſeits fortpflanzen. Die erſtere Thätigkeit leiſtet im Ganzen genommen unvollkommene Dienſte. Denn nur ein kleiner Theil der Schwingungen, insbeſondere ſolcher, welche die eigentliche Concha treffen, werden in den äußeren Gehörgang geworfen. Sie und der Tragus können daher nur in dieſer Hinſicht vorzugsweiſe in Betracht kommen. Bildet man ſich aber ein normales Ohr in Wachs nach, zieht von den verſchiedenſten hörbaren Körpern Linien auf die Oberfläche deſſelben und macht dann den Reflexionswinkel dem Einfallswinkel gleich, ſo gelangen viele ſchon durch einfache und die meiſten durch mehrfache Zurückwerfung an andere Stellen als in den äußern Gehörgang (Eſſer) [1]. Wichtiger dagegen ſcheinen die eigenen Schwingungen des äußeren Ohres zu ſein. Jedoch bleibt auch hier noch zu unterſuchen, inwiefern die Elaſticitätsverhältniſſe des Ohrknorpels durch die ihn bekleidenden und neben ihm befindlichen Weichgebilde influencirt werden oder nicht.

Wie dem aber auch ſei, ſo müſſen ſich die Schallwellen, welche das äußere Ohr treffen, in dieſem zum Theil fortpflanzen. Diejenigen von ihnen, welche ſenkrecht auffallen, werden auch am ſtärkſten weiter geleitet werden. Um aber dieſes Deſiderat zu erfüllen, iſt die mannichfach gekrümmte Fläche deſſelben vorzugsweiſe geeignet [2]. Hieraus erklärt ſich zwar die gebogene Form der Ohrmuſchel im Allgemeinen, noch nicht aber die eigenthümliche Geſtaltverſchiedenheit der Einzeltheile des menſchlichen Ohres. Menſchen, welchen der Helix und Anthelix mangeln und deren äußeres Ohr eine dünne Knorpelplatte ohne alle Erhabenheiten und Vertiefungen

---

[1]) Annales des sciences naturelles Tome XXVI. Paris, 1832. 8. p. 8.

[2]) Savart Annales de Chimie et Physique. Vol. XXVI. Paris, 1824. 8. p. 29.

darſtellt, können ein ſehr feines und ſcharfes Gehör beſitzen [1]). Werden alle Unebenheiten des äußeren Ohres mit einer weichen Subſtanz ausgefüllt, ſo daß nur die Oeffnung des Gehörganges frei bleibt, ſo kann es natürlich die Schallwellen weniger gut aufnehmen. Das Gehör wird dann etwas ſchwächer, giebt jedoch die Töne eben ſo rein als früher an [2]). Es ſind daher Perſonen, welche die Ohren verloren haben, noch ſehr gut zu hören im Stande. Ob aber die Schärfe ihres Gehörs durch dieſen Mangel etwas geſchwächt werde, ſteht dahin. Individuen mit einem ſehr guten muſikaliſchen Gehör zeichnen ſich oft, wie z. B. Mozart, durch ſehr große und in ihren Einzelnheiten ſtark entwickelte äußere Ohren aus.

Nach Buchanan hat auch der Anheftungswinkel des äußeren Ohres an den Kopf auf die Feinheit des Gehöres einen deutlichen Einfluß. Das günſtigſte Verhältniß iſt 40°—45°, während 25°—40° die gewöhnlichen bei gutem Hören vorkommenden Größen darſtellen. Kleinere Winkel ſchaden geradezu, während bedeutendere manche andere ungünſtige Momente des Ohres compenſirend verbeſſern können. Wenn man daher die Ohren kleiner Kinder durch Anbinden der Kopfbedeckungen an den Schädel anpreßt, ſo vermag hierdurch eine ſchädliche Stellung derſelben habituell zu werden. Ein Mann, deſſen Ohrmuſchel urſprünglich nur unter 10° angeheftet war, erlitt zufällig eine Verwundung, durch welche ſie größtentheils abriß, ſo daß ſie wiederum künſtlich angeheftet werden mußte. Da die Vereinigung unter einer geeigneten Behandlung in einem Winkel von 45° erfolgte, ſo ſoll auch alsdann das Individuum auf dieſem Ohre beſſer als auf dem anderen gehört haben [3]). Auf ſolche Vorausſetzungen ſtützt ſich das ſogenannte Otaphone von Webſter, d. h. ein Inſtrument, um den Ohrenknorpel ſo weit hinwegzudrücken, daß er einen Winkelanſatz von 40° bis 50° erhält.

Das in der Regel einfachere und tütenförmiger geſtaltete Ohr der 1194
meiſten Säugethiere hat einen oft ſehr reichlichen Muskelapparat, damit es leicht und ſchnell nach derjenigen Seite, von welcher der Schall kommt, gewendet werden könne [4]). Der Menſch beſitzt dieſe Fähigkeit nicht. Seine Ohrmuskeln ſind nur größtentheils ſchwach ausgebildet und einzelne von ihnen fehlen häufig gänzlich. Der Attrahens zieht den vorderen Theil des Ohres nach vorn und erweitert auf dieſe Weiſe die Oeffnung des äußeren Gehörganges. Der Attollens führt jenes in die Höhe und macht es daher etwas länger und hohler, während es der Retrahens nach hinten leitet und ebenfalls zur Erweiterung des Gehöreinganges beitragen kann. Der Major helicis vermag, wenn er ſtark genug iſt, den oberen, und der Minor helicis den vorderen Ohrrand umzubiegen und ſo die Aushöhlung des äußeren Ohres zu verſtärken. Inwiefern dieſe letztere Wirkung auch dem Tragicus und Antitragicus zukomme, ſteht noch ſehr dahin. Die Ohrmuſchel wird endlich durch den Dilatator conchae in ihrem Umfange vergrößert, während ſich die Aushöhlung des Ohres durch den Transversus auriculae abflacht. Der vorzüglichſte Nutzen aber, welcher dieſen einzelnen oft nur künſtlich zu unterſcheidenden Muskelbündeln zukommt, be-

---

[1]) C. G. Lincke Handbuch der theoretischen und praktischen Ohrenheilkunde. Bd. I. Leipzig, 1837. 8. p. 436.

[2]) Eſſer a. a. O. S. 7.

[3]) Lincke a. a. O. S. 440.

[4]) Eine ſehr ausführliche Schilderung dieſer Verhältniſſe findet ſich in: A. Hannover de cartilaginibus, musculis, nervis auris externae atque de nexu Nervi vagi et Nervi facialis. Hauniae, 1839. 4.

ſteht wahrſcheinlich in der größeren oder geringeren Spannung der verſchiedenen Maſſen des Ohrknorpels und der dadurch bewirkten Erhöhung der Fähigkeit, ſelbſt Schallwellen aufzunehmen und fortzuleiten. Wir ziehen daher auch die Geſichtsmuskeln bei genauem Aufhorchen zu gleichem Zwecke zu Hilfe und bieten deshalb eine eigenthümliche leicht kenntliche Phyſiognomie dar.

Nur einzelne Menſchen haben ausnahmsweiſe die Fähigkeit, ihr Ohr nach vorn, oben oder hinten zu führen. Allein ſelbſt dann beſchränkt ſich oft genug ihre Virtuoſität darauf, den einen oder den anderen Muskel allein ſtärker wirken zu laſſen. Individuen, welche über ihren Attollens, Attrahens und Retrahens zugleich gebieten, gehören zu den Seltenheiten. Manche von ihnen können auch beide Ohren zu gleicher Zeit in verſchiedener Weiſe bewegen. Wo Fähigkeiten der Art wahrhaft beſtehen, brauchen ſich keineswegs der Frontalis und Occipitalis zu gleicher Zeit zuſammenzuziehen. Ich ſelbſt bin im Stande, die letzteren Muskeln dergeſtalt zu bewegen, daß ein aufgeſetzter Hut in eine deutliche Schwankung von vorn nach hinten geräth, kann aber nicht meine Ohren verrücken. Umgekehrt habe ich Menſchen geſehen, denen die letztere Thätigkeit in hohem Maaße geläufig war, die aber nicht ihren Musculus epicranius nach Willkühr zu beherrſchen vermochten.

1195 Der äußere Gehörgang bildet zuvörderſt eine Luft enthaltende mit feſten elaſtiſchen Wandungen verſehene Röhre, welche daher alle Töne aus akuſtiſchen Gründen (§. 1188) ſehr ſchnell und vollkommen fortpflanzt und in dieſer Beziehung um Vieles beſſer als ein ſelbſt vortrefflicher feſter Schallleiter wirkt. Daher hat auch ſeine Verſtopfung oder Verwachſung eine Verminderung des Gehörs und ſelbſt Taubheit zur Folge. Wenn z. B. das Ohrenſchmalz zu feſten Klumpen erhärtet, ſo erzeugt ſich oft eine Schwerhörigkeit, welche nach Entfernung des mechaniſchen Hinderniſſes verſchwindet. Verwachſung oder angeborener Mangel des Gehörganges bedingt dieſelben Nachtheile, obgleich immerhin die Töne durch die feſten Maſſen, welche an der Verbildungsſtelle vorhanden ſind, fortgepflanzt werden. Die dichten Wandungen und die luftförmigen Theile des Gehörganges nehmen daher nicht bloß die Schallwellen aus der Atmoſphäre und dem äußeren Ohre auf und führen ſie durch ihre Subſtanz weiter fort, ſondern verſtärken ſie auch durch ihre Reſonanz und machen ſie heller und klingender.

Dieſe Zwecke würden aber ſchon im Weſentlichen erfüllt werden, wenn der äußere Gehörgang gerade verliefe. Seine vielfachen und eigenthümlichen Krümmungen dagegen gewähren zunächſt den Vortheil, den Fortgang der Schallwellen zum Trommelfelle durch Reflexion zu ſichern. Ob aber nicht noch hierdurch eine Verſtärkung oder Modification des Klanges erzielt werde, iſt unbekannt. Während aber der Meatus auditorius externus auf dieſe Weiſe die zugeführten Töne concentrirt, mußte ſeine Längenausdehnung beſchränkt ſein, weil ſonſt die in ihm enthaltene Luftſäule durch ihre Schwingungen nach akuſtiſchen Geſetzen einen eigenen Nebenton erzeugt haben würde. Dagegen ſuchen wir den Gehörgang etwas zu erweitern, wenn wir genauer hören wollen[1]). Eine zu große Weite deſſelben dagegen hätte wiederum ſeine günſtigen Bedingungen aufgehoben.

---

[1]) Siehe Lincke a. a. O. S. 449.

Dunkler ſind die Verhältniſſe des Ohrenſchmalzes. Indem näm- 1196
lich die Haare des äußeren Gehörganges ſtärker ausgebildet werden, damit
ſie das tiefe und bei dem gewundenen Verlaufe des Rohres nur um ſo
gefährlichere Eindringen fremder Körper verhindern, mußten auch größere
Fettdrüſen hergeſtellt werden (§. 515). Ihr Secret kann aber zu gleicher
Zeit die ſonſt ſtark ſich ſchuppende Epidermis des äußeren Gehörganges
gewiſſermaßen contrabalanciren und die Bildung von Nebentönen möglicher
Weiſe verhüten. Jedoch ſpricht ſelbſt gegen dieſe Hypotheſe, daß wir
z. B. bei vielen fein hörenden Vögeln das Trommelfell von einer ſpröden
und trockenen äußeren Epidermiallage bedeckt finden. Die Vergleichung
des Ohrenſchmalzes mit dem ſchwarzen Pigmente des Auges, welche oft
angeſtellt worden, läßt ſich bis jetzt nicht mit genügender Klarheit ſpeciell
durchführen. Dagegen kann man mit Sicherheit annehmen, daß der Fett-
überzug der Membran des äußeren Gehörganges die Schwingungen
derſelben nicht aufhebe, da auch Häute, die mit Oel oder Fett beſtrichen
ſind, vollſtändige Klangfiguren darbieten. Sie geben im Gegentheil die
Intenſität entfernter Töne mit großer Empfindlichkeit an [1]), ſo daß viel-
leicht auch dem Ohrenſchmalze ein Nebennutzen der Art zukommen könnte.

Das Trommelfell liegt als eine unter 55° gegen die Achſe des 1197
inneren Theiles des äußeren Gehörganges geneigte [2]) und ausgeſpannte Haut
zwiſchen dem letzteren und der Trommelhöhle und bedingt zugleich die
Vermittelung mit den Gehörknöchelchen. Es dient hierbei zunächſt als
Scheidewand, um den Eintritt der äußeren Atmoſphäre und anderer ſchäd-
licher flüſſiger oder feſter fremdartiger Subſtanzen zu verhüten. Zu gleicher
Zeit erfüllt es aber vorzugsweiſe einen weſentlichen akuſtiſchen Zweck. Die
Schallwellen gehen nämlich, wie wir ſahen (§. 1190), nur in geſchwächtem
Maaße aus der Luft in feſte Körper über. Der Nachtheil wird jedoch
größtentheils vermieden, ſobald die Vermittelung durch eine geſpannte ela-
ſtiſche Membran zu Stande kommt. Das Paukenfell übernimmt dieſe Rolle
in Betreff des Hammers, mit deſſen Handgriff es innig verbunden iſt.

Daß elaſtiſche geſpannte Häute durch Tonwellen, welche in gewiſſer 1198
Ferne entſtehen und ſich durch die Atmoſphäre fortpflanzen, in entſprechende
Vibrationen gerathen, iſt durch die Beobachtungen von Savart [3]) aus-
führlich nachgewieſen worden. Dieſer Forſcher erzeugte auch ähnliche
Schwingungen an dem bloßgelegten Trommelfell des Menſchen und des
Kalbes. Es unterliegt daher keinem Zweifel, daß ſich, ſobald Tonwellen
ins Ohr gelangen, correſpondirende Schallwellen in dem Paukenfelle bil-
den und daher in entſprechenden Longitudinalſchwingungen durch den un-
mittelbar verbundenen Hammer fortpflanzen. Bei ſehr ſtarken Stößen er-
zeugen ſich vollkommene Beugungs-, bei ſchwachen dagegen Verdichtungs-
wellen, die natürlich bei der ſchiefen Stellung des Trommelfelles größten-

[1]) F. Savart in den Annales de Chimie et Physique. Vol. XXVI. Paris, 1824. 8. p. 17. 19.

[2]) Huſchke in Soemmerring Lehre von den Eingeweiden. S. 821.

[3]) Annales de Chimie. Vol. XXVI. p. 6—23. Eine Reihe von Klangfiguren, welche auf dieſem Wege entſtehen, finden ſich ebendaſelbſt. Pl. I. Fig. 1—28 abgebildet.

theils von einem Punkte ausgehen, ſich über daſſelbe verbreiten und an den Wänden reflectirt zurücklaufen und verdichtet werden.

Größere Oeffnungen oder Verluſt des Trommelfelles ziehen daher leicht Schwerhörigkeit nach ſich. Es entſtehen dann zugleich nicht ſelten Beſchwerden, ſobald ein raſcher Luftſtrom das Gehörorgan durchſetzt oder ſogar Waſſer in daſſelbe eindringt [1]). Eben ſo muß die Schärfe der Tonempfindung durch alle organiſchen Veränderungen, welche die Elaſticität des Trommelfelles vermindern, leiden. Jedoch iſt es eben ſo wenig als die Reihe der Gehörknöchelchen zu einem gewiſſen unvollkommenen Grade des Hörens abſolut erforderlich.

1199 Das Paukenfell des Menſchen kann in verſchiedenem Maaße angeſpannt werden. Die frühere Anſicht (von Ev. Home), daß ſeine Faſern ſelbſt durch ihre Contractilität dieſe Wirkung zum Theil hervorrufen, läßt ſich mit Beſtimmtheit als unrichtig anſehen. Denn wenn auch die ſehnigten Fäden der Mittellage deſſelben einen gewiſſen Grad von Zuſammenziehungsvermögen beſäßen — was an und für ſich noch zweifelhaft iſt —, ſo müßte erſt ihre Verkürzung ſehr allmälig eintreten und ſich dann nach und nach wiederum aufheben. Die Reaction wäre viel zu langſam, als daß ſie der Schnelligkeit der einwirkenden Tonwellen folgen könnte. Eine ſolche Einrichtung würde daher eher ſchaden als nützen. Dagegen bietet der Muskelapparat der Gehörknöchelchen günſtigere Momente für ſolche Wechſelverhältniſſe der Tenſion des Trommelfelles dar. Es wird mittelſt des Handgriffes des Hammers, wenn der Musculus mallei internus s. Tensor tympani in Wirkſamkeit tritt, nach innen, oben und vorn gezogen und in höherem Grade angeſpannt. Zu gleicher Zeit drückt dann der Hammerkopf auf den Amboß, ſo daß der abſteigende Schenkel des Letzteren auf den Steigbügel und dieſer auf die Membran des eirunden Loches und das Labyrinthwaſſer wirkt. Jener Muskel kann alſo die Tenſion des Trommelfelles, ſoweit ſie ſchon durch die Einfügung deſſelben bedingt iſt, erhöhen. Wie ſich aber dann ſeine Wirkung bis zu dem Vorhofe fortpflanzt, ſo vermag ſich vielleicht auch die Thätigkeit des Musculus stapedius, wenn nicht die Ausdehnung ſeiner Wirkung durch die Gelenkigkeit der Gehörknöchelchen zu ſehr vermindert wird, durch den Steigbügel und den Amboß fortzupflanzen, den Griff deſſelben nach hinten zu ſchieben und mithin ebenfalls eine Spannung des Paukenfelles zu bedingen [2]). Der ſogenannte Musculus mallei externus s. Laxator tympani major dagegen iſt nach den meiſten übereinſtimmenden neueren mikroſkopiſchen Unterſuchungen ein Band und kein wahrer Muskel. Nur einzelne Forſcher fanden ihn in iſolirten Fällen roth gefärbt (Mieſcher) oder ſelbſt mit quergeſtreiften Faſern verſehen (Krauſe). Unter den letzteren Verhältniſſen müßte er den Hammer nach außen führen, das Trommelfell größtentheils erſchlaffen und vielleicht deſſen vordere Hälfte etwas anſpannen [3]). Der ſogenannte Laxator tympani minor bildet immer nur eine Bandmaſſe.

---

[1]) Beiſpiele der Art ſ. bei Lincke a. a. O. S. 453. 54.

[2]) Lincke a. a. O. S. 470. 71.

[3]) Huſchke a. a. O. S. 849. Vgl. Shrapnell in Froriep's Notizen. 1832. Nr. 744. S. 273. 78

Die Membrana tympani kann noch außerdem durch das geſtörte Gleichgewicht der Luftſäulen, welche ſich in dem äußeren Gehörgange und der Trommelhöhle befinden, in Spannung gerathen. Sowohl eine zu große Verdünnung als eine zu ſtarke Verdichtung des elaſtiſch flüſſigen Inhaltes der Paukenhöhle muß in dieſer Beziehung im Allgemeinen den gleichen Erfolg, nur mit dem Unterſchiede hervorrufen, daß der Zug der Membran in dem erſteren Falle nach innen, in dem letzteren dagegen nach außen geht.

Die gewöhnlichen Thätigkeiten der Musculi mallei internus und stapedius erfolgen natürlicher Weiſe automatiſch. Allein nicht ſelten kann auch der erſtere Muskel in einem oder beiden Ohren ſcheinbar willkürlich zuſammengezogen werden, ſo daß ſelbſt das leiſe Knacken der Gehörknöchelchen, welches ungefähr dem Kniſtern eines elektriſchen Funkens gleicht, nicht bloß dem Individuum, welches das Experiment an ſich anſtellt, ſondern auch Anderen hörbar wird. Am leichteſten gelingt der Verſuch, wenn man Schluckbewegungen macht oder die Muskeln des Gaumenſegels in Bewegung ſetzt, mithin das Gleichgewicht der Luft in der Trommelhöhle ſtört. Es iſt daher noch ſehr die Frage, ob dieſe Erſcheinung eine reine Folge der Willensthätigkeit des Tensor tympani darſtellt. Ich kann ſie auf beiden Ohren, jedoch mit größerer Intenſität auf dem rechten als dem linken hervorbringen, während ſich im Gegentheil das letztere bei Joh. Müller, Theile und R. Wagner in dieſer Beziehung im Vortheil befindet [1]).

Der Einfluß, welchen die verſchiedenartige Tenſion des Trommelfelles 1200
ausübt, läßt ſich im Allgemeinen ſowohl durch künſtliche Verſuche als durch Beobachtungen an Lebenden erhärten. Verfertigt man ſich einen Cylinder, ſpannt über die Oberfläche deſſelben eine elaſtiſche dünne Haut, welche mittelſt eines Hebels ſchwächer oder ſtärker angezogen werden kann und beſtreut ſie mit Lycopodium oder feinem Sandpulver, ſo erzeugen ſich unter geeigneten Verhältniſſen Klangfiguren, ſobald man in einer verhältnißmäßig nicht zu großen Entfernung Schallwellen anregt und eine vibrirende Scheibe parallel der Oberfläche der elaſtiſchen Haut anbringt (Savart) [2]). Die Molecule der aufgeſtreuten Subſtanz hüpfen aber unter ſonſt gleichen Verhältniſſen höher, wenn die Membran unverändert gelaſſen, als wenn ſie durch die Bewegung des anliegenden Hebels geſpannt iſt. Wurde auch dagegen eingewendet, daß dieſes Reſultat rückſichtlich der Tenſion nichts beweiſe, weil ein neuer Schwingungsknoten durch die Anheftung des Hebels an die Mitte der Haut entſtand, die Schwingungsbogen daher um die Hälfte kürzer und die Wurfbewegungen des Sandes nothwendiger Weiſe kleiner wurden [3]), ſo bekräftigt ſich doch die Wirkung der Spannung, wenn man den Hebel in verſchiedenem Maaße anzieht. Die gleichen Verhältniſſe treten auch in Betreff unſerer Gehörempfindung ein. Ueberſpannt man einen kleinen Holzcylinder mit einer thieriſchen Haut, deren Tenſion durch einen Hebel vergrößert zu werden vermag, und führt

---

[1]) Siehe Müller's Physiologie. Bd. II. S. 439—41. De functionibus nervorum cerebralium. S. 115. 116. Theile in Schmidt's Encyclopädie der gesammten Medicin. Bd. III. 1842. 4. S. 437. 38. R. Wagner Lehrbuch der ſpeciellen Phyſiologie. Zweite Auflage. Leipzig, 1843. 8. S. 370.

[2]) a. a. O. S. 25. 27.

[3]) Muncke in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. IV. S. 1210. Bd. III. S. 501.

ihn in das eine Ohr ein, während man ſich das andere feſt verſtopft, ſo hört man den Schlag einer Taſchenuhr bei Erſchlaffung der Membran weit ſtärker als bei dem Anziehen derſelben. Die Dämpfung des Tones nimmt ſogar in gleichem Verhältniſſe der Spannung der Haut zu (Joh. Müller) [1]).

1201 Tragen wir aber dieſe Thatſachen auf die Verhältniſſe des Lebenden über, ſo wird das Trommelfell, ſo wie wir von einem ſtarken, unangenehmen Schalle afficirt werden, die Fortdauer oder Wiederholung deſſelben durch ſeine ſtärkere Spannung verhüten können. Dieſe Thätigkeit erinnert gewiſſermaßen an die der Regenbogenhaut des Auges, durch deren Reaction die Pupille ebenfalls verkleinert wird, um das fernere Eindringen zu vieler Lichtſtrahlen aufzuheben. Eine beſondere Erſchlaffung des Trommelfelles durch Muskeln iſt dann nicht nothwendig. Sie könnte ſogar nicht ohne partielle Spannung zu Stande kommen. Würde aber das mögliche Maximum erreicht, ſo wäre wenigſtens von Seiten des Paukenfelles das Nöthige geſchehen, um unſer Ohr für jeden Schall empfänglich zu machen.

Eine ſtark geſpannte Membran wird natürlich leichter durch hohe als tiefe Töne zu entſprechenden Schwingungen angeregt. Iſt das Trommelfell zu ſehr ausgedehnt, ſo hört man ſtarke und tiefe Tönungen ſchlechter als hohe. Athmet ein Menſch bei Verſchließung des Mundes und der Naſe ſehr tief und anhaltend ein oder aus, ſo vernimmt er einen tiefen Ton, z. B. den eines fahrenden Wagens, wenn der Verſuch gut gelingt, undeutlich oder gar nicht, während er hohe auf befriedigende Weiſe auffaßt. Dem entſprechend findet man auch einzelne Schwerhörige, welche den gleichen Zuſtand darbieten und z. B. die Männerſtimme oder ſelbſt das gewöhnliche Sprechen nicht deutlich vernehmen, dagegen die feinen Töne der Frauen- oder Kinderſtimmen oder muſikaliſcher Inſtrumente noch vollkommen auffaſſen [2]). Solche Fehler können natürlich von einer krampfhaften Zuſammenziehung des Tensor tympani (oder des Stapedius), einem Mangel an Ausgleichung der Luft der Trommelhöhle und der des äußeren Gehörganges oder anderen Urſachen, welche eine übermäßige Tenſion des Paukenfelles veranlaſſen, herrühren.

1202 Die **Gehörknöchelchen** müſſen die Schwingungen des Trommelfelles auf ſehr vollkommene Weiſe in ſich aufnehmen und durch ſich bis zu dem eiförmigen Loche fortpflanzen, weil die Vibrationen des Schalles ſehr gut von einer oscillirenden Membran auf feſte Körper, ſchwer dagegen von dieſen auf die Luft übergehen. Es werden daher auf dieſe Weiſe die Töne ohne Schwächung zum Labyrinthe gelangen. Dieſer aus den früher dargeſtellten akuſtiſchen Geſetzen von ſelbſt erhellende Schluß läßt ſich nach Joh. Müller auf folgende Art unmittelbar zur Anſchauung bringen. Man nimmt eine einfüßige Pfeife und paßt in deren unteres Ende einen hohlen Holzcylinder genau ein. Eine dünne thieriſche Haut iſt über die obere Mündung deſſelben ausgeſpannt. Sie trägt innerhalb der Röhre einen Stab, welcher an ſeinem anderen Ende eine Korkplatte und an ihr eine den Cylinder verſchließende Membran führt. Dieſe bleibt daher in

---

[1]) Physiologie. Bd. II. S. 435. 36.

[2]) Wollaston in The Edinburgh Philosophical Journal. Vol. IV. Edinburgh, 1821. 8. p. 158—164. Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. IV. S. 1218. 19. Müller's Physiologie. Bd II. S. 438.

ähnlicher Weiſe wie die Membrana foraminis ovalis durch die Baſis des Steigbügels, nur in einem ringförmigen Saume unbedeckt. Wird nun der Holzcylinder mit ſeinem unteren Theile in Waſſer getaucht und die Pfeife von einem Gehilfen angeſprochen, ſo hört man den Ton ſehr ſtark, wenn man ſich die Ohren verſtopft und den Schall durch eine ½ Zoll weite Glasröhre, welche als Verbindung angebracht wird, ſenkrecht von der Korkplatte aufnimmt. Er wird dagegen an allen anderen Orten des Waſſers viel ſchwächer wahrgenommen.

Wenn eine Platte oder eine Membran Transverſalſchwingungen macht, 1203
ſo wird ein Stab, der auf ihr ſenkrecht ſteht, zu Longitudinal-, eine Scheibe, die auf dieſem wagerecht liegt, wieder zu transverſalen Oscillationen u. ſ. f. veranlaßt (Savart, Chladni). Aus ähnlichen Gründen machen wahrſcheinlich die Baſis des Steigbügels und die Membran des eirunden Loches denen des Paukenfelles entſprechende Transverſalſchwingungen. Der Handgriff des Hammers empfängt die Schallwellen faſt ſenkrecht von dem Trommelfelle. Eben ſo laſſen ſich durch die Verbindungen des Hammerkopfes mit dem Körper des Amboßes, ſo wie durch die des ſenkrechten Schenkels des letzteren mit dem Linſenbeine oder dem Steigbügel unter 90° geneigte Ebenen legen. Wenn ſich auch die untergeordneten Differenzen dergeſtalt ſummiren, daß die Baſis des Steigbügels mit der Membrana foraminis ovalis einerſeits und das Paukenfell anderſeits von dem Parallelismus auf eine ſichtliche Art abweichen, ſo iſt doch dieſer Unterſchied nicht ſo bedeutend, daß dadurch zuletzt longitudinale ſtatt transverſaler Schwingungen reſultirten. Dieſes läßt ſich, wie es ſcheint, um ſo eher behaupten, als wahrſcheinlicher Weiſe die Schwingungen, welche die Schallwellen verurſachen, ſehr klein und beſchränkt ſind. Ob die Fortſätze des Hammers und der wagerechte Schenkel des Amboßes durch ihre Form auf die Fortpflanzung der Töne beſonders einwirken, ob die beiden Seitenſchenkel der Steigbügel mit der zwiſchen ihnen ausgeſpannten Membran die Erſchütterungen reſonirender machen und die Bänder der Gehörknöchelchen ähnliche Wirkungen bedingen, iſt noch gänzlich unbekannt.

Das dünne Trommelfell wird, wie ſchon erwähnt wurde, bei einer 1204
gewiſſen Stärke der Stöße trotz ſeiner Kleinheit in keinen bloßen Verdichtungs-, ſondern auch in Beugungswellen ſchwingen [1]). Damit nun aber dieſe keine Störungen verurſachen und entweder eine übermäßige Spannung der Membrana tympani veranlaſſen oder mit zu großer Heftigkeit auf den Vorhof übertragen werden, dienen wahrſcheinlich die gelenkigen Verbindungen der Gehörknöchelchen. Denn wären ſie ihrer bloßen Bewegungen halber vorhanden, ſo brauchte nur eine Articulation zwiſchen dem Steigbügel und dem Amboß oder dieſem und dem Hammer zu exiſtiren. Ueberdies haben auch Thiere, wie z. B. die Fröſche, bewegliche Gehörknöchelchen ohne Muskeln derſelben.

Die bisher erwähnten Thatſachen erläutern ſchon die Nothwendigkeit 1205

---

[1]) Müller a. a. O. S. 430. 31.

des Luftinhaltes der Trommelhöhle von ſelbſt. Denn er macht einerſeits das Trommelfell von innen frei, ſo daß es ungehindert vibriren kann, und begünſtigt anderſeits die Fortpflanzung der Schallwellen durch die Gehörknöchelchen. Zu gleicher Zeit wird aber hierdurch die Paukenhöhle zu einer gebogenen und mit Atmoſphäre gefüllten Röhre, welche, wie wir geſehen haben, Wellen, die von ihren Wandungen oder ihrem Inhalte ausgehen, durch Reſonanz bedeutend verſtärkt. Die Zellen des übrigen Schläfenbeines müſſen dann noch dieſen Vortheil vergrößern. Da das von ihr eingeſchloſſene Gas unzweifelhaft auf 37°,5 C. temperirt iſt, ſo kann eine geringe ungleiche Spannung der Membrana tympani durch die etwas niedere Wärme der Luft des äußeren Gehörganges zu Stande kommen. Indem aber in dieſem Falle das Paukenfell ſchwach nach außen gedrängt werden müßte, ſo wird es denkbar, daß die freie Mündung der Euſtachiſchen Trompete, nicht aber eine leiſe Zuſammenziehung des Tensor tympani dieſes Verhältniß regulire. Unentſchiedener bleibt, ob er auch dem ſelbſtſtändigen Mitklingen des Trommelfelles bei ſehr ſtarken Schallwellen ein Ziel ſetze. Denn wir nehmen allerdings bisweilen, wenn wir uns in der Nähe einer losgefeuerten Kanone befinden, ein Nebengeräuſch wahr, welches als Eigenton des Trommelfelles angeſehen werden kann.

1206 Die Luft der Trommelhöhle iſt nicht in ſich abgeſchloſſen, ſondern ſteht durch die Euſtachiſche Trompete mit der der Rachen- und Mundhöhle, mithin der äußeren Atmoſphäre in Verbindung. Wir ſahen daher auch ſchon früher, daß man ſie durch tiefes Ein- oder Ausathmen, während der Mund und die Naſenlöcher verſchloſſen ſind, verdünnen und verdichten kann. Einzelne Menſchen treiben nicht ſelten Luft, Tabacksrauch u. dgl. zum äußeren Ohre heraus, indem bei ihnen wahrſcheinlich krankhafter Weiſe ein Foramen Rivini aus der Embryonalzeit zurückgeblieben oder eine andere Continuitätsunterbrechung am Paukenfell vorhanden iſt. Wie dem nun aber auch ſei, ſo muß die Euſtachiſche Trompete einen Luftwechſel in der Paukenhöhle möglich machen. Ihre ſchlitzförmige Ausmündung kann dieſen nur, wenn ſie auch im Leben beſteht, beſchränken, nicht aber aufheben. Die Flimmerbewegung, welche ihre Schleimhaut darbietet, wird nicht bloß den Schleim, welcher auf ihr abgeſondert wird, in Bewegung ſetzen, ſondern auch mittelbar eine langſame Luftſtrömung unterhalten. Bedenken wir aber, daß Verſchließungen und Verſtopfungen der Tuba Eustachiana bedeutende Grade von Schwerhörigkeit erzeugen und dieſe durch Entfernung der genannten Hinderniſſe verſchwinden, ſo läßt ſich mit Recht annehmen, daß die Trompete noch andere weſentliche akuſtiſche Zwecke erfülle. Da ſich aber in dieſer Beziehung keine directen Beobachtungen anſtellen laſſen, ſo beruhen die in ſolcher Hinſicht aufgeſtellten Anſichten auf bloßen Hypotheſen, die im günſtigſten Falle möglicher Weiſe baſirt ſein können, über deren Werth aber ſich höchſtens ein negatives Urtheil geben läßt, wenn ſie phyſikaliſchen Verhältniſſen widerſprechen.

1) Abgeſehen von ihrem faſt unzweifelhaften Nutzen, die Luft der

Trommelhöhle mit der des äußeren Gehörganges ins Gleichgewicht zu ſetzen und bei ſehr ſtarken Schwingungen des Paukenfelles der erſchütterten Luftſäule einen Ausweg zu öffnen, kann die Tube möglicher Weiſe die Reſonanz erhöhen. Sie wurde z. B. in dieſer Hinſicht mit den Löchern des Reſonanzbodens einer Violine verglichen (Henle). Läßt man eine Stimmgabel über einem mit einer Seitenröhre verſehenen Cylinder ſchwingen, ſo ſcheint die Tönung ſtärker gehört zu werden, als wenn der letztere allein vorhanden iſt und er eine bloße ſeitliche Oeffnung beſitzt (Joh. Müller)[1]. Dieſe Beſtimmungen der Euſtachiſchen Trompete dürften am meiſten der Wahrheit entſprechen.

2) Unwahrſcheinlicher iſt die Annahme, daß die Euſtachiſchen Trompeten die Wahrnehmung der eigenen Stimme begünſtigen. Wir hören dieſe entweder durch Luftſchallwellen, welche ſich bis zu dem äußeren Ohre fortpflanzen oder durch ſolche, die mittelſt der feſten Theile des Kopfes weitergeleitet werden. Die Ausmündungsſtellen der Tuben liegen zwar allerdings von dem Zungenwerke, welches die Stimmbildung erzeugt, nicht weit entfernt. Allein die weichere Beſchaffenheit der Rachenausgänge der Tuben ſcheinen gerade nicht ſehr geeignet zu ſein, dieſe Tonwellen unmittelbar mit der nöthigen Intenſität aufzunehmen[2]. Wir hören auch das Picken einer Uhr, die auf unſerer Zunge liegt, ſchwächer, als wenn ſie zugleich die Zähne berührt. Nach Verſtopfung der Euſtachiſchen Röhre faſſen die Kranken die eigene Stimme nicht weſentlich ſchlechter als äußere Töne auf. Wenn ich die Naſenlöcher und den Mund feſt zuhalte und durch möglichſt tiefes Einathmen die Oeffnungen der Euſtachiſchen Trompeten zum Verſchluß zu bringen ſuche, ſo höre ich einen unter dieſen Verhältniſſen hervorgebrachten hohen Stimmton minder gut als bei offenen Tuben. Mache ich aber denſelben Verſuch, indem ich ausathme, ſo klingen mir tiefe Laute ebenfalls gedämpfter als in vollkommen normalem Zuſtande, obgleich dann die Trompetenmündungen unzweifelhaft offen ſind. Beobachtungen der Art liefern daher keine ſichere Entſcheidung. Dagegen

3) iſt es unrichtig, wenn man glaubt, daß die völlig geſchloſſene Trommelhöhle keine Tönung bedingen oder ſtörende Nebentöne erzeugen oder umgekehrt die Reſonanz derſelben beſchränken würde, weil alle ſolche Anſichten bekannten akuſtiſchen Verhältniſſen widerſtreiten.

Ueber die eigenthümliche bei dem Beſteigen von größeren Höhen von einzelnen Forſchern[3]) wahrgenommene Empfindung, als ob ein Bläschen im Ohre aufſtiege, ſ. Thl. I. S. 86.

Die Schwingungen des Steigbügels und der Membrana foraminis 1207
ovalis müſſen ſich natürlicher Weiſe zunächſt auf die zwiſchen dem knöcher-

---

1) a. a. O. S. 446.

2) Siehe E. H. Weber de pulsu, resorptione, auditu et tactu. Annotationes anatomicae et physiologicae. Lipsiae, 1834. 4. p. 43. 44. Lincke a. a. O. S. 501 — 503. Vgl. Joh. Müller a. a. O. S. 449. 50.

3) C. G. Carus Syſtem der Phyſiologie. Bd. I. Leipzig, 1838. 8. S. 254.

nen und dem membranöſen Labyrinthe vorhandene Perilymphe, den häutigen Vorhof, die weichen halbcirkelförmiger Kanäle und die in dieſen Gebilden enthaltene Vitrine fortpflanzen. Sie durchlaufen mithin zweierlei Flüſſigkeiten, welche durch elaſtiſche, zum Theil ausgeſpannte Häute getrennt werden. Eine leichte Aufnahme der Schallwellen und eine Verdichtung derſelben innerhalb der Vitrine, welche ſich im Innern befindet, iſt die unmittelbare Folge dieſer Einrichtung. Die Wellen gelangen daher ſchnell und kraftvoll zu den Verzweigungen des R. vestibuli des Hörnerven, welche ſich in dem Vorhofe und den Ampullen verbreiten. Indem aber dieſe Nervenfaſern in der Flüſſigkeit der Vitrine ſchwimmen, erhalten ſie die Tonſchwingungen aus einem Medium, das mit ihrer eigenen Conſiſtenz und noch mehr mit dem ſie durchtränkenden Ernährungsfluidum übereinſtimmt.

1208 Die kleinen Labyrinthkryſtalle, welche bei dem Menſchen regelmäßig, aber locker zuſammengehäuft ſind, können nicht, wie man ſich dieſes vorgeſtellt hat, durch die Schallwellen der Vitrine in eine Art hüpfender Bewegung verſetzt werden. Wenn ſie auch nicht hierzu zu groß oder zu ſchwer wären, ſo hindert ſie doch das zähere Bindemittel, das ſie vereinigt, an jeder erheblichen Ortsveränderung. Dagegen vermögen ſie als feſte unterbrochene Körper die Wellen des Labyrinthes zum Theil zurückzuwerfen, auf dieſe Art zu verſtärken, die Molecularſchwingungen der Vitrine zu erleichtern und die Affection des Gehörnerven zu vergrößern [1]). Möglicher Weiſe, daß die Einrichtung der ſphäriſchen und elliptiſchen Grube des Vorhofes mit ihrer Scheidewand dieſen Erfolg ebenfalls bedingt.

Der Nutzen der halbcirkelförmigen Kanäle, ſowie der der übrigen feineren Theile des häutigen Labyrinthes iſt noch völlig unbekannt. Da die erſteren keine Aeſte des Hörnerven empfangen und dieſe vielmehr an der Grenze der Ampullen aufhören, ſo kann in den Bogengängen ſelbſt keine Tonempfindung Statt finden. Sie müſſen daher bloß die Rolle von Verſtärkungswerkzeugen übernehmen. Ihre Dreizahl und ihre gegenſeitige Vertheilung in verſchiedenen Höhen und Richtungen ſcheint darauf berechnet zu ſein, daß jede Schwingung des Felſenbeines, ihre Richtung ſei welche ſie wolle, wenigſtens einen Theil derſelben ſenkrecht und unter den günſtigſten Verhältniſſen afficire. Eben ſo werden auch wahrſcheinlich die Wellen der Vitrine in ihnen verdichtet und zu Molecularſchwingungen geneigter gemacht [2]), ſo daß auch ſie als Begünſtigungsmittel der Zuleitung zum Hörnerven erſcheinen können. Möglicher Weiſe könnten ſie auch gleichartige Schallwellen in die Ampullen zurückleiten und ſo die Zeitdauer der Tonempfindung vergrößern. Dagegen ſcheinen ſie nicht nach Analogie von Verſuchen, welche mit Waſſerröhren angeſtellt worden (Joh. Müller) [3]), die Schallempfindung zu verſtärken. Die Hypotheſe, daß wir durch ſie, je nachdem der eine oder der andere halbcirkelförmige Kanal

---

[1]) Cagniard-Latour in den Annales de Chimie et Physique. Tome LVI. Paris, 1834. 8. p. 295.

[2]) Cagniard-Latour a. a. O. p. 293.

[3]) a. a. O. S. 463.

afficirt wird, die Richtung des Schalles wahrnehmen (Autenrieth und Körner), hat, wie wir in der Folge ſehen werden, ſo gut als gar keine Wahrſcheinlichkeit für ſich.

Wie ſich von ſelbſt ergiebt, müſſen die Wellen, welche durch die Trom- 1209
melhöhle und die Gehörknöchelchen geleitet werden, die Membran des eirunden Loches ſtärker als die Luftoscillationen der Paukenhöhle des Tympanum secundarium afficiren. Directe phyſiologiſche Nachbildungen erhärten die Richtigkeit dieſes theoretiſchen Schluſſes (Joh. Müller)[1]. Jeder Ton wird mithin im Normalzuſtande auf die Membran des eirunden einen größeren Eindruck als auf die des runden Loches machen. Die letztere könnte gewiſſermaßen als Supplement dienen, um auch die geringeren Modulationen der Paukenhöhle zum Bewußtſein zu bringen. Halten wir uns aber an die Analogie der akuſtiſchen Inſtrumente, ſo würden die Erzitterungen feſter Körper, wie der Gehörknöchelchen, einen anderen Klang als die Luftwellen, welche in einer dichtwandigen Röhre wie der Trommelhöhle eingeſchloſſen ſind, bedingen. Es iſt daher wenigſtens denkbar, daß erſt beide zuſammen die Perception eines relativ richtigen Mittelklanges verurſachen. Dieſem nach müßten Perſonen, denen die Gehörknöchelchen fehlen, die aber nicht alle Tonempfindung verloren haben, den eigenthümlichen Klang einzelner Körper anders als Geſunde wahrnehmen oder weniger genau ſeinen Eigenthümlichkeiten nach unterſcheiden.

Die Schallwellen der Perilymphe des Vorhofes ſowohl als des Tympa- 1210
num secundarium treffen natürlich auch den Theil des N. cochleae, welcher ſich auf dem Spiralblatte der Schnecke verzweigt. Daß hier die Nervenfaſern über eine in einem kleinen Raume concentrirte nicht unbedeutende Fläche neben einander ausgebreitet ſind, könnte mit den eben erörterten Erſcheinungen in Verbindung gebracht werden. Auch die leiſeſte Erſchütterung, welche das Spiralblatt trifft, würde viele neben einander liegende Faſern afficiren und auf dieſe Art ſicherer und vielleicht anhaltender wahrgenommen werden. Sobald einmal die Wellen angeregt ſind, müßten ſie entweder längs des Spiralblattes des Organs ablaufen oder vermuthlich eher faſt gleichzeitig in der ganzen Ausdehnung deſſelben auftreten, alle Faſern des Schneckennerven ergreifen und ſich zu einem deſto empfindlicheren Eindrucke ſummiren. Die Schnecke wäre auf dieſe Weiſe geeignet, als Supplementarorgan des Vorhofes zu wirken und die Wahrnehmung der Töne, welche durch ihn und die Gehörknöchelchen oder mit einem Worte durch das eigentliche Ohr allein empfunden werden, genauer und vollſtändiger aufzufaſſen.

Dieſes Verhältniß kann ſich jedoch auch wahrſcheinlich unter anderen 1211
Umſtänden umkehren. Wenn ſich nämlich die Schallwellen vorzugsweiſe durch die Kopfknochen fortpflanzen, ſo müſſen ſie vor Allem die Schnecke und in geringerem Grade den Vorhof afficiren[2]. Iſt auch das Felſenbein mit vielen von Gefäßen und Nerven erfüllten Kanälen durchzogen,

---

[1] a. a. O. S. 443.

[2] E. H. Weber a. a. O. p. 25 — 47.

ſo läuft doch ſeine Knochenmaſſe zu ſehr continuirlich zwiſchen dieſen hindurch, als daß deswegen ſtörende Unterbrechungen erzeugt zu werden vermöchten. Ja die ſehr feſte Structur, welche das Os petrosum zu dem härteſten Knochen des Körpers macht, hat wahrſcheinlich eben den Zweck, die hindernden Markkanäle ſo ſehr als möglich zu eliminiren und eine gleichartige hinreichend elaſtiſche Maſſe herzuſtellen. Gehen dann Schallwellen, wie Krankheitszuſtände deutlich lehren, durch die Kopfknochen, ſo müſſen ſie daher nur um ſo leichter das Felſenbein durchdringen. Obgleich z. B. das Holz vermöge ſeiner Zellen und Gefäße ſehr viele Lufträume enthält, ſo hemmt es nicht nur die Tonwellen nicht, ſondern begünſtigt dieſe ſogar, indem jeder mit Luft gefüllte Theil die Reſonanz verſtärkt.

Sind aber einmal die Oscillationen dem Felſenbeine mitgetheilt, ſo werden ſie ohne allen Verluſt an den Modiolus und das Spiralblatt der Schnecke gelangen, bei dem Uebertritte in das häutige Labyrinth dagegen geſchwächt werden, weil ſie hier, bevor ſie den Hörnerven afficiren, die heterogenen Subſtanzen der Perilymphe, der Membranen und der Vitrine zu durchſetzen haben. Dieſe Unvollkommenheit wird höchſtens bei dem runden Säckchen, welches dem knöchernen Labyrinthe anhaftet, in geringerem Maaße hervortreten. Indem aber des Spiralblatt der Schnecke theils knöchern, theils knorpelig iſt, müßte hierbei der Hörnerv in verſchiedenem Maaße getroffen werden. Ob zu gleicher Zeit die Qualität der Empfindung eine andere ſei, ſteht dahin. Die Nervenfaſern faſſen zwar die Schallwellen des Vorhofes und der Ampullen aus einer Flüſſigkeit, die der Schneckentreppe aus einer feſten Subſtanz auf. Allein welche Differenzen dadurch bedingt werden, iſt völlig unbekannt.

Man bedient ſich, um minder deutliche oder ſelbſt unhörbare Töne zur Wahrnehmung zu bringen, einer Reihe von Hilfsmitteln, deren Urſachen aus der Darſtellung der Mechanik des Hörens von ſelbſt erhellen. Wenn der Gehörgang durch das Ausfallen der Backenzähne und das Hinaufrücken des Unterkiefers, durch Verwundungen oder andere Verhältniſſe zu ſehr verengt oder verbogen worden, ſo kann die hierdurch bedingte Schwerhörigkeit verbeſſert werden, wenn man eine geeignete ſtarre Röhre in den Meatus auditorius externus einführt und ſo eine bedeutendere Zuleitung von Luft-Schallwellen zum Trommelfelle möglich macht. Einen analogen Zweck verbunden mit einer ſtärkeren Oscillation der feſten Theile haben das Anlegen der Hand an das äußere Ohr, deſſen ſich Schwerhörige inſtinctmäßig bedienen, und die verſchiedenen Hörſchalen und Ohrkapſeln, welche von den Ohrenärzten empfohlen werden.

Die Hörrohre, deren wir uns als Stethoſkope bedienen oder welche Schwerhörige gebrauchen, nützen auf mehrfache Weiſe. Zuvörderſt wird eine begrenzte oscillirende Luftſäule nach dem Ohre getrieben, während ſich anderſeits die Schallwellen der feſten Wandungen dem Ohrknorpel und den Kopfknochen mittheilen. Zugleich entſteht noch eine Reſonanz, die den Ton klingender und voller macht. Nähere Beſtimmungen in Betreff der nothwendigen Formen der Hörrohre, deren ſich Taube zu bedienen haben, laſſen ſich bis jetzt bei dem niederen Standpunkte der Akuſtik nicht angeben [1]). Geſunde können den Gebrauch des Stethoſkopes entbehrlich machen, wenn ſie das Ohr unmittelbar auf die Bruſt legen und ſich noch überdies den äußeren Gehörgang mit einer feſten Maſſe ausfüllen. Die Kopfknochen und die Gehörknöchelchen empfangen hier die Schwingungen feſter Subſtanzen durch ebenfalls feſte Theile. Die Hörempfindung wird daher intenſiver.

---

[1]) Siehe Lincke in Schmidt's Encyclopädie der gesammten Medicin. Bd. III. S. 446. 47.

Wie ſchon früher angeführt wurde, hören wir Töne ſehr deutlich, wenn wir die klingenden Körper an feſte Theile des Kopfes anlegen. E. H. Weber [1]) fand ſogar, daß er, wenn er ſich ein Ohr verſtopfte und das andere offen ließ, ſeine eigene Stimme durch das letztere ſchlechter hörte als durch das erſtere. Lincke [2]) dagegen bemerkte an ſich und Anderen das Gegentheil, und ich muß mich wenigſtens nach den an mir ſelbſt gemachten Beobachtungen dieſer letzteren Erfahrung anſchließen. Ich höre meine Stimme bei verſtopften Ohren mit einer eigenen Erzitterung, aber ſchwächer als bei offenen. Wie dem nun aber auch ſei, ſo können wir ſelbſt die Töne voller und zum Theil deutlicher erſcheinen laſſen, wenn wir einen klingenden Stab an harte Theile unſeres Kopfes anlegen. Je weniger Continuitätsunterbrechung Statt findet, je ſparſamer die Bedeckung durch Weichgebilde ausfällt, um ſo begünſtigter ſind natürlich auch die Verhältniſſe dieſes Verſuches. Der Oberkiefer und der harte Gaumen eignen ſich deshalb hierzu beſſer als der Unterkiefer. Verſtopfe ich mir die Ohren ſo feſt mit gekautem Papier, daß ich den Schlag einer Uhr, wenn ſie nur ¼ Zoll vom Ohre abſteht, gar nicht mehr höre, ſo vernehme ich ihn, wenn ich das Glas an die Zähne oder den aufſteigenden Aſt des Unterkiefers anlege, ſchwach, bei der Application an die Oberkieferzähne etwas deutlicher, dagegen bei der an nackte Stellen des Scheitels oder der Stirn ſehr gut und bei der an die Schläfe am beſten. Ich kann ihn aber nicht auffaſſen, wenn ich die Uhr an den Ohrknorpel oder an behaarte Stellen des Hinterhauptes bringe [3]). Eben ſo wird das in möglichſter Entfernung gehörte Picken etwas deutlicher, wenn man den gebogenen Finger mit ſeinen Knochenflächen an das Uhrglas anlegt. Auf gleiche Weiſe verſtärkt ein Stab, welcher den Reſonanzboden eines muſikaliſchen Inſtrumentes und die nicht behaarten Kopfknochen oder die Zähne verbindet, den Klang bedeutend. Alle dieſe Verhältniſſe ſind rein akuſtiſche und die Annahme, daß dabei der Nervenreichthum der berührten Stelle von Einfluß ſei oder eine Vermittelung des Hörens durch den N. facialis Statt finde, widerſtreitet poſitiven Thatſachen. Auch Taube bedienen ſich häufig ähnlicher Mittel, um beſſer zu hören. Sie verbinden einen durch den Sprechenden in Schwingung verſetzten Körper, z. B. eine Kanzel durch einen Stab mit ihrem Ohre oder laſſen in ein reſonirendes Becken reden, aus dem ſie die Schallwellen mittelſt eines zwiſchen den Zähnen gefaßten Lineals auffaſſen u. dgl. mehr [4]). Beſondere Hörmaſchinen, z. B. von Itard, die zu dieſem Zwecke gebaut ſind, haben meiſtentheils, indem ſie zu complicirt und nicht transportabel ausfallen, ſo gut als gar keinen praktiſchen Werth.

Subjective Auffaſſung der Töne. — Wir können uns als allgemeinen Grund der Wahrnehmung der objectiven Töne die Stöße vorſtellen, welche von der Vitrine des Vorhofes und der Ampullen oder der Maſſe der Schneckentreppe mit der die Weichtheile durchtränkenden Flüſſigkeit auf die Faſerenden des Hörnerven ausgeübt werden. Daß nun dadurch der Nerveninhalt ſelbſt in eine entſprechende Reſonanz verſetzt und auf dieſe Weiſe der Schall durch Fortleitung des Reizes zum Gehirn in dieſem aufgefaßt werde, iſt im höchſten Grade wahrſcheinlich. Natürlich kann hier der bloße mechaniſche Stoß die Wirkung hervorbringen, während der Hörnerv, wie ſich von ſelbſt verſteht, auch jedes andere Irritament durch ſubjective Schallperception beantwortet. Je ſtärker der Ton iſt, um ſo größer muß die Schwingungsercurſion der Molecüle des oscillirenden Körpers ſein, wenn auch die Wellenlänge durch dieſe Veränderungen keine Modificationen erleidet. Da ſich aber jene Verhältniſſe, welche mit dem Quadrate der Entfernungen abnehmen, gleichſam im Abdrucke im 1212

[1]) a. a. O. p. 43.
[2]) a. a. O. S. 226.
[3]) Vgl. auch Chladni Akuſtik. S. 286. 87. Lincke a. a. O. S. 530.
[4]) Beiſpiele der Art ſ. bei Chladni a. a. O. S. 262. Lincke a. a. O. S. 530 fgg.

Labyrinthe wiederholen, ſo unterſcheiden wir von vorn herein, ob ein Schall ſtärker oder ſchwächer iſt, und hören die Töne um ſo weniger und undeutlicher, je entfernter wir uns von dem Orte ihres Entſtehens befinden. Das Gleiche muß von den zum Theil noch unbekannten urſachlichen Momenten des Klanges gelten. Jedes geſunde Ohr iſt daher für dieſe beiden Arten von Wahrnehmungen in hohem Grade empfänglich, obgleich natürlich der Grad der Auffaſſung ſchwacher und ferner Töne durch das Maaß der Senſibilität des Hörnerven und der Schwingungsfortpflanzungen in den vorbereitenden Theilen des Gehörorganes beſtimmt wird.

1213 Anders dagegen verhält es ſich mit der Auffaſſung der Höhe oder der Tiefe der Töne. Wir haben früher (§. 1177) geſehen, daß dieſe Differenz auf der Zahl der Schwingungen, welche in einer beſtimmten Zeiteinheit gemacht werden, beruht. Das Gehirn muß daher, obgleich es die Summe der Vibrationen zu einer einzigen Tonempfindung verbindet, dieſe zeitliche Verſchiedenheit zu meſſen im Stande ſein. Das Ohr wird auf dieſe Art gewiſſermaßen zu einem Zeitſinne, gleich wie uns das Auge und die Taſtempfindung in Betreff der Räumlichkeitsverhältniſſe vorzugsweiſe belehren.

Die Beſtimmung ſelbſt aber, welche auf dieſe Weiſe zu Stande kommt, iſt immer nur, ſelbſt in den günſtigſten Fällen, mehr oder minder relativ. Jeder Menſch unterſcheidet zwar ſehr bedeutende Abweichungen der Tonhöhen von einander. Allein dieſe Fähigkeit hört ſchon bei vielen Individuen auf, ſo wie die Unterſchiede geringer werden. Nicht ſelten können Perſonen, die ſehr gut hören, zwei benachbarte oder ſelbſt zwei Octaventöne nicht genau und ſicher ſondern und muſikaliſche Mißgriffe der Art auffaſſen. Sie eignen ſich daher auch dann nicht, wenn ſie ſelbſt eine ſehr gute Stimme haben, zum Singen, obgleich ein ſolcher Fehler das Wohlgefallen an der Muſik keineswegs ausſchließt. Allein ſelbſt Menſchen, welche ſich eines muſikaliſchen Gehörs erfreuen und dieſes durch Uebung bedeutend vervollkommnet haben, vermögen nur dann feinere Nuancen der Höhe oder Tiefe zu unterſcheiden, wenn ihnen ein gewiſſer Grundton als Anhaltpunkt gegeben iſt. Das Ohr vergleicht daher dann die zeitliche Geſchwindigkeit der verſchiedenen Stöße unter einander. Wenn einzelne Muſiker, wie Mozart, als Ausnahmen von dieſer Regel citirt werden, ſo gehören Fälle der Art unzweifelhaft zu den größten Seltenheiten und beziehen ſich wahrſcheinlich ſogar nur auf ein genaueres relatives Beſtimmungsvermögen.

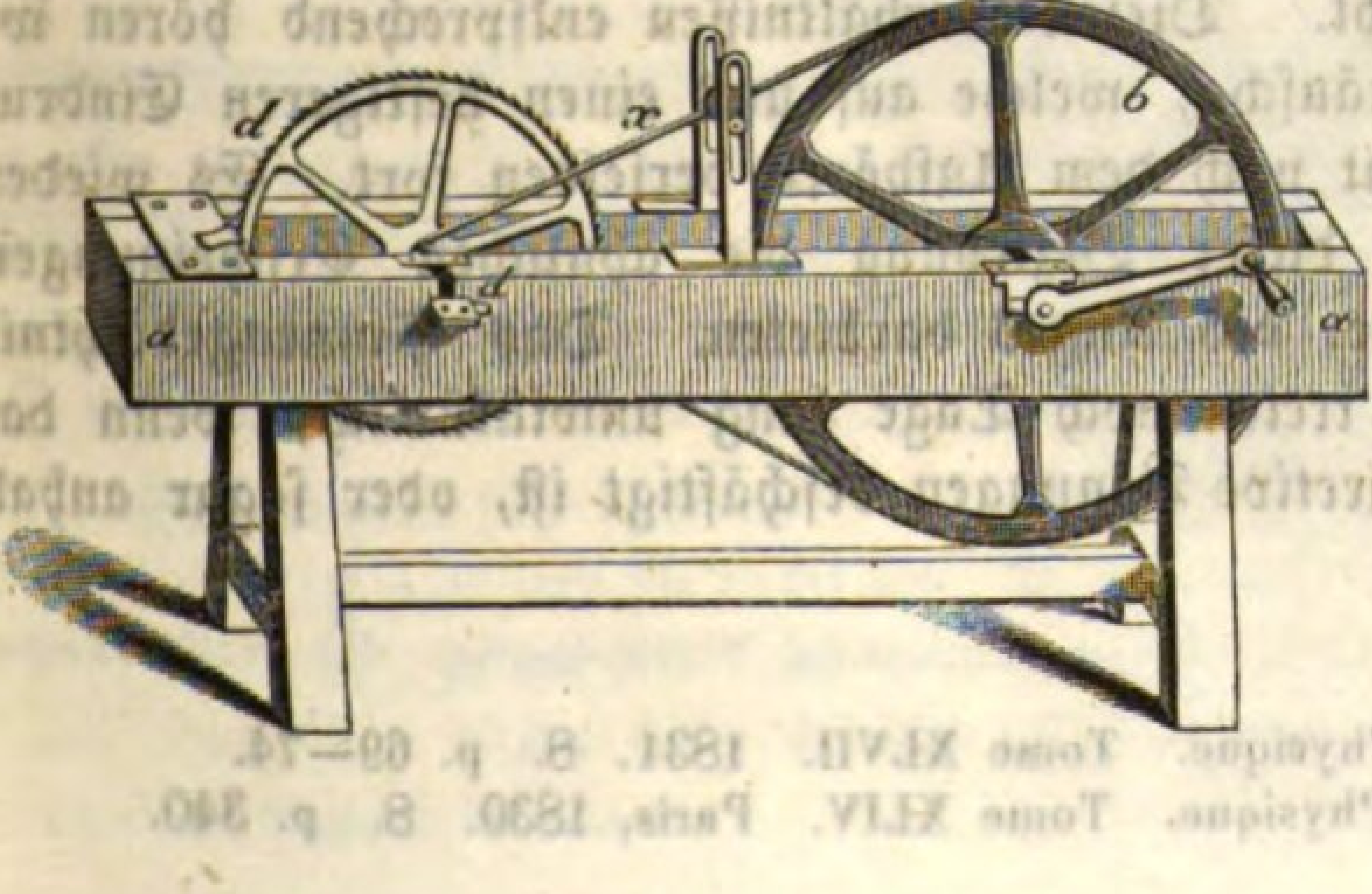
1214 Die Wahrnehmbarkeit der Töne iſt natürlich, wie jede andere Sinnesempfindung, an gewiſſe Vorbedingungen und beſtimmte endliche Grenzen gebunden. Decken ſich z. B. Verdichtungs- und Verdünnungswellen, d. h. gelangen beide gleichzeitig, mit derſelben Kraft und an denſelben Punkten zu dem Hörnerven, ſo heben ſie ſich gegenſeitig auf, und die Empfindung des Schalles verſchwindet. Man nennt dieſe Erſcheinungen nach der Analogie ähnlicher Phänomene, welche das Licht darbietet, die Interferenz der Töne. Sie kann nicht bloß bei dem Zuſammenſtoßen ungleichartiger Wellen verſchiedener, ſondern auch durch ungleiche Ge-

ſchwindigkeit der Oscillationen eines und deſſelben tönenden Körpers entſtehen. Dieſe von Vieth zuerſt entdeckte Erſcheinung kehrt in den Schallphänomenen von Glasſcheiben, Stimmgabeln, offenen oder gedeckten Pfeifen, Zungenpfeifen u. dgl. wieder. Führt man eine Klangſcheibe ſenkrecht vor dem Ohre vorbei, ſo hört man die Töne derſelben gedämpfter oder gar nicht, ſobald ihre Knotenlinien der Achſe des Gehörorganes gerade gegenüberſtehen. Hält man eine Stimmgabel in gleicher Höhe mit der Ohrmuſchel und dreht ſie, indem ſie in derſelben Diſtanz bleibt, um ihre ſenkrechte Achſe, ſo erreicht der Ton in einzelnen beſtimmten Richtungen ſein Maximum, während er an anderen Stellen auf ſein Minimum herabgeht und bei nicht bedeutendem Klingen der Gabel gar nicht wahrgenommen wird.

Das Nähere über dieſe mehr in die Phyſik gehörenden Erſcheinungen ſiehe in E. H. und W. Weber Wellenlehre. Leipzig, 1825. 8. S. 506. Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 447. fgg. Repertorium der Physik. Herausgegeben von Dove. Bd. III. Berlin, 1839. 8. S. 71 und 91—93. R. Kane in Poggendorff's Annalen. Bd. LV. Leipzig, 1842. 8. S. 152—157.

Wir haben bei dem Auge gefunden, daß die Thätigkeiten deſſelben 1215
durch zweierlei Verhältniſſe beſchränkt werden können. Wir ſehen einen Gegenſtand undeutlich oder gar nicht, wenn er zu wenig Lichtſtrahlen zu unſerer Netzhaut ſendet oder ſobald der Geſichtswinkel eine beſtimmte Grenze überſchreitet. Dieſer kann dann unter ein gewiſſes Minimum herabgehen oder ſo groß werden, daß in dem letzteren Falle ein Theil des erblickten Gegenſtandes in den Bezirk des indirecten Sehens oder ſelbſt jenſeit deſſelben gelangt. In ähnlicher Weiſe ſchwindet die Gehörempfindung, ſobald die Stärke der Schallwellen eine gewiſſe Kleinheit erreicht. Da ihre Intenſität mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt, ſo hören wir auch einen Ton oder ein Geräuſch um ſo ſchwächer, je weiter die erregende Urſache von unſerem Ohre abſteht oder je mehr Hinderniſſe ſich der Fortpflanzung der Vibrationen entgegenſtellen. Gleichwie ſchwache Augen für die Wahrnehmung äußerer Bilder mehr Lichtſtrahlen als ſtarke nöthig haben, ſo nimmt auch ein gutes Gehörorgan geringere Wellenintenſitäten des Schalles beſſer als ein ſchlechtes wahr.

Fig. 196.



Es ließe ſich der 1216
Analogie nach zunächſt erwarten, daß das Ohr nur eine gewiſſe Grenze der Höhe oder Tiefe der Töne aufzufaſſen im Stande ſei, die Wahrnehmung hingegen ausbleibe, ſo wie die Secundenzahl der Schwingungen ein gewiſſes Minimum oder Maximum überſchrei-

tet. Die hierher gehörenden Unterſuchungen von Savart geſtatten jedoch noch kein beſtimmtes Urtheil. Derſelbe bediente ſich eines Geſtelles a Fig. 196, welches zunächſt ein größeres durch einen Handgriff c und eine Kurbel drehbares Rad b enthielt. Dieſes war durch eine Schnur ohne Ende x mit einem kleineren Rade d, das eine beſtimmte Zahl von Zähnen in ſeiner Peripherie regelmäßig vertheilt hatte, verbunden. Die Zähne ſelbſt ſtießen gegen eine kleine Metallplatte. Wurde nun die unmittelbare Geſchwindigkeit des Rades b und die verſtärkte von d groß genug, ſo daß eine gehörige Zahl von Stößen oder doppelten Schwingungen reſultirten, ſo erzeugte ſich natürlich ein Ton, bei welchem man die Pulſationen mit ihren regulären Zeitintervallen oder die doppelte Zahl derſelben als die Größen der einfachen Vibrationen zu beſtimmen im Stande war. Der Durchmeſſer des kleineren gezahnten Rades aber bildete natürlich eine Function dieſes geſuchten Werthes. Sollten ſehr tiefe Töne erzeugt werden, ſo wurde ſtatt des gezahnten Rades ein einfacher Eiſenſtab ſubſtituirt. Hierbei ergab ſich, daß man noch tiefe Töne, welche durch 7 bis 8 Stöße oder 14 bis 16 Einzelſchwingungen in der Secunde entſtehen, deutlich wahrnimmt [1]). Die Luftſäule einer 32füßigen Orgelpfeife dagegen macht ſchon bei tiefſtem Anſpruche 16 Stöße in der Secunde. Anderſeits gaben noch 24000 doppelte oder 48000 einfache Secundenſchwingungen ſehr gut wahrnehmbare Töne. Allein beiderlei Grenzen können nicht als abſolute angeſehen werden, weil ſie nur die Maxima und Minima der von Savart angewandten Räderapparate, nicht aber die der möglichen Wahrnehmbarkeit darſtellten. In der That ergab ſich auch aus Verſuchen, die mittelſt kleiner transverſal ſchwingender Stahlblätter oder Röhren angeſtellt wurden, daß hier die größte Höhe 32000 Oscillationen in der Secunde beträgt und vielleicht ſelbſt in dieſem Falle die Urſache des Aufhörens der Empfindung nur in der nothwendigen geringen Amplitude der Schallwellen, welche durch den Apparat bedingt wird, liegt [2]).

1217 Zu gleicher Zeit läßt ſich mittelſt derſelben Vorrichtung zeigen, daß die Gehörempfindungen eben ſo wie die Geſichtseindrücke eine Zeitlang in der Perception fortdauern. Dreht ſich das Zahnrad im Anfange langſamer, ſo vernimmt man die einzelnen Stöße. Sie verſchwimmen aber mehr mit einander, ſobald ſich die Geſchwindigkeit vergrößert, und gehen in einen fortlaufenden Ton über, ſo wie die Schnelligkeit einen noch bedeutenderen Werth erreicht. Dieſen Verhältniſſen entſprechend hören wir auch noch Töne und Geräuſche, welche auf uns einen heftigeren Eindruck gemacht haben, lange Zeit nach dem Aufhören derſelben fort. Es wiederholen ſich überhaupt in dieſer Beziehung die ähnlichen Erſcheinungen, welche die Blendungsbilder des Auges darbieten. Das Sinnengedächtniß reproducirt ſie, oder ſie treten noch Tage lang unwillkürlich, wenn das Ohr ſonſt nicht durch objective Tönungen beſchäftigt iſt, oder ſogar anhaltend hervor.

---

[1]) Annales de Chimie et Physique. Tome XLVII. 1831. 8. p. 69—74.
[2]) Annales de Chimie et Physique. Tome XLIV. Paris, 1830. 8. p. 340.

Die eben erwähnten Erfahrungen berechtigen uns zu der Folgerung, 1218
daß das menſchliche Gehörorgan unzweifelhaft 12 Octaven aufzufaſſen im Stande iſt. Denn nehmen wir 7 Stöße als Grundton an, ſo haben wir für die dreizehnte Octave 28672. Dieſe entſpricht aber 32768 doppelten Vibrationen, wenn wir von 8 als Baſis ausgehen. Halten wir uns nun an das Mittel von beiden Werthen, nämlich 7 5 und 30720 doppelte oder 15 und 61440 einfache Schwingungen in der Secunde, ſo erfordert jede der letzteren für den tiefſten uns vernehmlichen Ton 4 Tertien, für den höchſten dagegen 0,000977 oder ungefähr $\frac{1}{1000}$ Tertie oder 4000 Mal weniger Zeit als der erſtere. Nun haben wir früher (§. 986) geſehen, daß die Grenzen der ſichtbaren Farben des Spectrums zwiſchen 458 und 727 Billionen Lichtätherſchwingungen in der Secunde ſchwankten. Hieraus ergiebt ſich ein Verhältniß des Minimum zum Maximum $= 457 : 727 = 1 : 1{,}59081$, mithin noch keine Octave, da dieſe eine Proportion $= 1 : 2$ fordert. In dem Ohre dagegen erhalten wir für 12 vollſtändige Octaven, d. h. für das dreizehnte Glied einer geometriſchen Progreſſion, deren Grundzahl 1 und deren Exponent 2 iſt, 4096. Unſer Gehörorgan iſt daher quantitativ für die Wahrnehmung der Töne $\frac{4096}{1{,}59081} = 2574{,}79$ oder ungefähr 2600 Mal empfindlicher, als unſer Auge für das Sehen der Farben.

Obgleich aber das Ohr in der Höhe und Tiefe der Töne die Zahl 1219
der Oscillationen oder die Dauer der Stöße und der zwiſchen ihnen liegenden Intervalle zu unterſcheiden vermag, ſo hat doch ſelbſt dieſer Grad von Empfindlichkeit der Gehörwerkzeuge eine bloß relative Energie. Denn wenn auch eine unendliche Zahl von Schwingungsmengen zwiſchen einem Grundwerthe und deſſen Verdoppelung oder einem Grundtone und der Octave deſſelben liegen kann, ſo iſt doch ſelbſt das beſte muſikaliſche Gehör außer Stande, alle möglichen endlichen Uebergangsſtufen zu unterſcheiden. Es vermag vielmehr nur Sprünge, deren relativer Werth mindeſtens 0,01 beträgt, ganz ſicher zu erkennen. Halten wir uns zunächſt an die §. 1177 verzeichneten proportionellen Schwingungszahlen des angenommenen Syſtemes der Muſik, ſo ergeben ſich in aufſteigender Reihe der Töne folgende Unterſchiede:

Tondifferenzen.	Relativer Unterſchied der Schwingungszahlen in der Secunde.	Tondifferenzen.	Relativer Unterſchied der Schwingungszahlen in der Secunde.
von c bis cis	0,041667	von ges bis g	0,060000
von cis bis des	0,025000	von g bis gis	0,062500
von des bis d	0,0444444 oder 0,058333	von gis bis as	0,038000
von d bis dis	0,046296 oder 0,046875	von as bis a	0,066667 oder 0,087500
von dis bis es	0,042593 oder 0,028125	von a bis ais	0,069444 oder 0,048611
von es bis e	0,050000	von ais bis b	0,041667 oder 0,063889
von e bis fes	0,030000	von b bis h	0,097222 oder 0,075000
von fes bis f	0,053333	von h bis ces	0,045000
von f bis fis	0,055556	von ces bis $\bar{c}$	0,080000
von fis bis ges	0,051111		

Wir ſehen mithin, daß keine gebräuchliche Tondifferenz die oben erwähnte Grenze erreicht, ſondern dieſelbe bedeutend und zwar ſelbſt um das 9fache überſchreitet. Eben ſo weichen die verſchiedenen Stimmgabeln eines und deſſelben oder mehrerer Orcheſter um mehr als jener Grundwerth beträgt von einander ab, obgleich natürlich hierbei ſchon bedeutendere Annäherungen an denſelben vorkommen müſſen[1]. Im Allgemeinen läßt ſich jedoch annehmen, daß ein gutes muſikaliſches Ohr zwei Töne noch deutlich als different wahrnimmt, wenn ſich ihre Schwingungsmengen = 80 : 81 = 1 : 1,01250 oder wie 100 : 101 = 1 : 1,01000 verhalten. Jede kleinere Abweichung ſtört daher nicht die gleiche Stimmung zweier Inſtrumente. Dieſe Erſcheinung läßt ſich in gewiſſer Beziehung mit der des kleinſten Geſichtswinkels im Auge vergleichen.

1220 Das durch ihre abſolute Schwingungsmengen bedingte Verhältniß zweier Töne zu einander heißt ein **Intervall**. Wiederholen wir uns aber zunächſt, um die Natur dieſer Phänomene ſpecieller kennen zu lernen, die in §. 1177 verzeichneten Grundwerthe der in jeder Octave angenommenen ſieben Haupttöne und fügen die ihnen entſprechenden ganzen Proportionalzahlen hinzu, ſo haben wir:

---

[1]) Siehe Muncke in Gehler's physikalischem Wörterbuche. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 313.

c	d	e	f	g	a	h	$\bar{c}$
1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2
24	27	30	32	36	40	45	48

Mithin verhält ſich hiernach:

$$c : d = 24 : 27 = 8 : 9 = 1 : 1{,}125.$$
$$d : e = 27 : 30 = 9 : 10 = 1 : 1{,}111\ldots..$$
$$e : f = 30 : 32 = 15 : 16 = 1 : 1{,}066\ldots..$$
$$f : g = 32 : 36 = 8 : 9 = 1 : 1{,}125.$$
$$g : a = 36 : 40 = 9 : 10 = 1 : 1{,}111\ldots..$$
$$a : h = 40 : 45 = 8 : 9 = 1 : 1{,}125.$$
$$h : \bar{c} = 45 : 48 = 15 : 16 = 1 : 1{,}066\ldots..$$

Es zeigen ſich alſo zweierlei Klaſſen von Intervallen. Die einen, wie c und d, d und e, f und g, g und a und a und h haben dieſelben bedeutenden Größenunterſchiede = 0,125 oder 0,111..., wie die Diſtanz von c und d. Die anderen dagegen, wie e und f und h und $\bar{c}$ beſitzen in dieſer Hinſicht nur einen Werth = 0,066.... Die erſteren heißen daher auch größere Intervalle oder ganze Töne, die letzteren kleinere Intervalle oder halbe Töne. Es werden mithin leichter zwiſchen jenen als dieſen untergeordnete halbe Tönungen eingeſchaltet werden können.

Daß ſich aber das Octavenſyſtem der Muſik mit keinen bloßen gan- 1221
zen Haupttönen zu begnügen im Stande ſei, ſondern halbe zwiſchen ihnen einſchalten müſſe, erhellt ſchon daraus, daß ſonſt nicht die Octaven, je nachdem man von verſchiedenen Grundtönen ausgeht, einander entſprechen würden. Denn geſetzt, wir wollten ſtatt der c-Tonleiter die g-Tonleiter ſubſtituiren, ſo hätten wir, wenn wir die erſtere bis zur g-Octave fortführen:

c	d	e	f	g	a	h	$\bar{c}$	$\bar{d}$	$\bar{e}$	$\bar{f}$	$\bar{g}$
1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2	9/4	5/2	8/3	3

Setzen wir aber g = 1, ſo daß wir jeden Werth, der zwiſchen g und $\bar{g}$ liegt, durch 3/2 dividiren, ſo erhalten wir:

g	a	h	c	d	e	f	g
1	10/9	5/4	4/3	3/2	5/3	16/9	2
36	40	45	48	54	60	64	72

Es verhält ſich daher:

$$g : a = 36 : 40 = 9 : 10 = 1 : 1{,}111\ldots..$$
$$a : h = 40 : 45 = 8 : 9 = 1 : 1{,}125.$$
$$h : c = 45 : 48 = 15 : 16 = 1 : 1{,}066\ldots..$$

c : d = 48 : 54 = 8 : 9 = 1 : 1,125.
d : e = 54 : 60 = 9 : 10 = 1 : 1,111.....
e : f = 60 : 64 = 15 : 16 = 1 : 1,066.....
f : g = 64 : 72 = 8 : 9 = 1 : 1,125.

Betrachten wir aber in der g-, wie in der c-Tonleiter die Intervalle 1,125 und 1,111.... als einander gleich, ſo findet ſich von g bis e kein weſentlicher Unterſchied. Wir haben dagegen hier in dem Intervall e : f nur 1,0666 und in dem von f : g 1,125, während bei der c-Tonleiter das Umgekehrte Statt findet. Sollen daher beide conform werden, ſo müſſen wir jetzt ſtatt des ganzen Tones f den halben fis = $^{25}/_{9} \times {}^{2}/_{3} = {}^{50}/_{27}$ nehmen. Dieſes entſpricht für den Grundwerth 36 der relativen Zahl 66,666.... Mithin verhält ſich:

e : fis = 60 : 66,666 .... = 1 : 1,111 .... und fis : g = 66,666 .... : 72 = 1 : 1,08. Das der c-Tonleiter correſpondirende Verhältniß findet alſo nur dann auf eine approximativ richtigere Weiſe Statt, wenn man die g-Octave als g, a, h, c, d, e, fis, $\bar{g}$ auffaßt.

1222 Wird ein muſikaliſches Gehör gleichzeitig oder unmittelbar hinter einander durch zwei Töne afficirt, ſo reſultirt je nach Verſchiedenheit der Intervalle ein angenehmer oder unangenehmer Eindruck. Bezeichnet man aber das Zuſammenklingen derſelben mit dem Namen eines Accordes, ſo iſt dieſer in dem erſteren Falle richtig oder conſonirend, in dem letzteren unrichtig oder diſſonirend, Eine Folge angenehmer Töne heißt eine Melodie und eine Reihe richtiger Accorde eine Harmonie.

1223 Die Conſonanz beruht auf keinen Zufälligkeiten, ſondern auf dem Grundgeſetze, daß nur diejenigen Töne, deren verhältnißmäßige Schwingungsmengen durch unmittelbar auf einander folgende und nicht zu große Zahlen ausgedrückt werden, angenehm, die anderen dagegen diſſonirend erſcheinen. Sie iſt alſo nur der Ausdruck der Einfachheit der Intervalle. Hiernach würden zunächſt die immer ſteigenden Octaventöne, z. B. c, $\bar{c}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{\bar{c}}}$, welche die Verhältniſſe 1, 2, 4, 8 u. ſ. w. darbieten, hierher gehören. Allein wenn uns auch nicht eine ſolche Combination unangenehm berührt, ſo iſt ſie doch zu einfach, als daß ſie eine beſondere anregende Wirkung auf unſer Ohr ausübte. Man wählt daher in der Muſik untergeordnete Verbindungen einzelner Octaventöne, die doch noch in die Kategorie der Conſonanz kommen. Dieſes iſt z. B. bei jedem Grundtone und ſeiner großen Quinte der Fall. Denn wir haben c : g = 24 : 36, f : $\bar{c}$ = 36 : 48, g : $\bar{d}$ = 36 : 54 oder a : e = 40 : 60 = 2 : 3. Will man drei Töne mit einander verbinden, ſo ergiebt ſich als ein ſehr natürliches Verhältniß der Grundton, die große Terz und die große Quinte oder c : e : g = 24 : 30 : 36, f : a : $\bar{c}$ = 32 : 40 : 48, g : h : d oder = 36 : 45 : 54 = 4 : 5 : 6. Man nennt daher auch eine ſolche Combination den harmoniſchen Dreiklang. Eben ſo bilden nie Töne, welche in ihren Intervallen auf die einfachen Werthe 1, 2, 3, 4, 5 und 6 oder ihre Multipla in ununterbrochener Folge reducirbar ſind,

wie z. B. c, $\bar{c}$, $\bar{g}$, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{\bar{e}}$, eine Diſſonanz. Eine ſolche entſteht dagegen z. B. zwiſchen der großen Secunde und der Septime oder d und h, weil d : h = $\frac{9}{8} : \frac{15}{8} := 3 : 5$. Das Gleiche findet natürlich mit dem Accorde c, gis und h Statt. Denn wenn zwar c : g = 2 : 3, ſo hat c : gis = $1 : \frac{25}{16} = 16 : 25$ und gis : g = $\frac{3}{2} : \frac{25}{16} = 24 : 25$. Es kommen mithin dadurch keine einfacheren Intervallzahlen zu Stande. Im Ganzen alſo wird das wahre Annehmlichkeitsgefühl des Gehörs durch Töne bedingt, deren Auffaſſung weder zu leicht, noch zu ſchwer und ermüdend iſt.

1224 Der Dreiklang der Dur-Tonarten entſteht durch den Grundton, die große Terz und die Quinte oder die Intervallzahlen 4 : 5 : 6. Wir haben daher für den zweiten Ton im Verhältniß zum erſten $\frac{5}{4}$ oder die große Terz und für den dritten Ton in Proportion zum zweiten $\frac{6}{5}$ oder die kleine Terz, und können deshalb auch den Dur-Dreiklang als eine Combination eines Grundtones und zweier relativer Tertien, von denen die große der kleinen vorangeht, anſehen. Werden dagegen die Verhältniſſe zwiſchen den beiden äußerſten Tönen zu dem Mitteltone gleich gemacht, ſo daß wir ſtatt 4 : 5 : 6 die Intervallverhältniſſe $4 : \frac{4 \times 6}{5} : 6 = 4 : \frac{24}{5} : 6$ oder c, es und g erhalten, ſo ſchreitet der Ton weniger raſch fort, wird ſchwerfälliger und weicher. Es entſteht ſo der Moll-Dreiklang. Hierbei verhält ſich $4 : \frac{24}{5} = 20 : 24 = 1 : 1{,}2$, d. h. wie der Grundton zur kleinen Terz und $\frac{24}{5} : 6 = 24 : 30 = 1 : 1{,}25$ oder wie der Grundton zur großen Terz. Indem aber hier auf dieſe Weiſe die kleine Terz der großen voraneilt, bieten in dieſer Hinſicht der Moll- und der Dur-Dreiklang ein entgegengeſetztes Verhältniß dar.

1225 Jeder Accord wird, wenn er auch abſolut genommen diſſonirend iſt, dem Ohre um ſo conſonirender erſcheinen, je geringer ſeine Unterſchiede von den mathematiſch geforderten Verhältniſſen ausfallen. Wir werden aber die Abweichungen gar nicht ſtörend finden, ſobald ſie unter der §. 1219 angegebenen Grenze herabſinken. Erreicht das Intervall die eben noch wahrnehmbare Differenz von 0,0125 oder 0,0100 oder ſteht es dieſen Zahlen auf eine von dem Gehör nicht mehr genau zu unterſcheidende Weiſe nahe, ſo heißt es ein *Komma*. Da nun aber jeder Ton des Octavenſyſtemes als Grundton dienen kann, ſo müßten alle nachfolgenden Töne in demſelben Verhältniſſe zu einander wie in der c-Tonleiter ſtehen. Nun iſt dieſes, wie wir geſehen, nicht der Fall. Indem aber unmöglich alle geforderten Zwiſchentöne durch beſondere Noten ausgedrückt werden können, ſo würden dann, wenn man ſich an die ſtrengen mathematiſchen Forderungen halten wollte, bei einer größeren, zuſammenhängenden, willkürlichen Reihe von Tönen Werthe eines Grundtones entſtehen, welche auf weſentliche Weiſe von ihren wahren Schwingungszahlen differiren. Man ſtatuirt daher Abweichungen der Intervalle, die dem Gehörorgan möglichſt wenig auffallen und nennt dieſe Geſammtunterſchiede die *Temperatur* eines Inſtrumentes, die einzelne eines Intervalles dagegen die *Schwebung*.

Kehrt dieſe regelmäßig wieder, ſo hat man eine gleichſchwebende, wenn nicht, eine ungleichſchwebende Temperatur. Bei der letzteren, welche faſt gar nicht gebraucht wird, ſind einzelne Töne in ihrer Reinheit vor den übrigen begünſtigt.

Ueber dieſe in die Tonlehre gehörenden Verhältniſſe ſ. Chladni die Akuſtik. Leipzig, 1802. 4. S. 12 fgg. u. S. 32 fgg. Vgl. auch Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. VIII. Leipzig, 1836. 8. S. 333—43.

1226 Wenn zwei Töne, die ſich äußerſt nahe am Einklang befinden, gleichzeitig hervorgebracht werden, ſo hört man den Grundton in intenſiverem Maaße und zwar ſo, daß die Verſtärkung in der erſten halben Secunde ſtetig wächſt, in der zweiten dagegen regelmäßig abnimmt. Denn geſetzt, der eine mache 100, der andere 101 Schwingungen in der Secunde, ſo werden die Wellen des letzteren denen des erſteren zunächſt voraneilen, dann aber von jenen eingeholt werden, bis beide am Ende der Secunde zuſammentreffen. Es muß daher die Differenz, wenn ſie ſich als keinen Höhenunterſchied, ſondern als bloße Verſtärkung kundgiebt, in der Hälfte der Zeit ihr Maximum erreichen, vor dieſer allmälig wachſen und ſpäter nach und nach abnehmen.

1227 Treffen mehrere Töne das Ohr gleichzeitig, ſo empfindet es nicht die Reſultate der verſchiedenen einfallenden Wellenzüge, ſondern zerlegt dieſe in ihre einzelnen Componenten und hört die geſonderten verſchiedenen Töne z. B. eines Accordes. Ob ſich dann die mannichfachen Schallwellen zum Theil interferiren und dadurch iſolirter an den verſchiedenen Stellen des Vorhofes, der Ampullen und der Schnecke zur Perception kommen, ſteht dahin. In dieſer Beziehung hat das Ohr eine ſchärfere Auffaſſungsgabe als das Auge, obgleich auch dieſes andere Gegenſtände durch durchſichtige oder halbdurchſichtige Objecte zu erkennen vermag.

1228 Mit dem Namen des Klirrtones bezeichnet man einen zweiten Ton, der unter gewiſſen Verhältniſſen außer der geforderten Tönung zu Stande kommt. Läßt man z. B. eine ſchwingende Seite auf einen in ihrer Mitte untergeſetzten Steg ſchlagen, ſo vernimmt man außer der höheren Octave des Grundtones der Saite die untere Quinte (Chladni) oder die höhere Quarte deſſelben (Nörrenberg), oder beide zugleich, jedoch die erſtere mit größerer Deutlichkeit (Seebeck). Aehnliche Erſcheinungen geben ſich auch unter verſchiedenen Verhältniſſen an Stimmgabeln, welche auf einen Tiſch aufgeſetzt werden, zu erkennen. Obgleich manche dieſer Phänomene, vorzüglich die zuerſt genannten, welche die Saiten betreffen, noch nicht genügend erklärt werden können, ſo leidet es doch kaum einen Zweifel, daß die eben erwähnten Wirkungen rein objective und keine bloß ſubjectiven Reactionen des Gehörorganes ſind.

1229 Daſſelbe gilt von den ſogenannten Tartiniſchen oder den Combinationstönen. Erklingen nämlich zwei Körper zugleich, ſo muß natürlich das Ohr ſtärker afficirt werden, wenn es die Impulſe gleichzeitig,

---

[1]) Siehe Repertorium der Physik. Herausgegeben von H. W. Dowe. Bd. III. 1839. 8. S. 53—55.

als wenn es ſie in verſchiedenen Momenten empfängt. Sind nun die beiden Töne von derſelben Höhe, ſo kann hierdurch in keinem Falle eine abweichende dritte Combinationsempfindung entſtehen. Denn beginnen ihre Stöße gleichzeitig, ſo fallen auch ihre Maxima jedes einzelne Mal genau zuſammen. Fangen ſie ungleichzeitig an, ſo kann natürlich gar keine Coincidenz ihrer größten Werthe Statt finden. Sind dagegen ihre Schwingungsmengen verſchieden, ſo wird zu gewiſſen Perioden, ihre Stöße mögen gleichzeitig oder ungleichzeitig beginnen, ein Punkt eintreten, in welchem die ungleichen Maxima der Impulſe zuſammenfallen und, wenn ſie ſchnell genug auf einander folgen, die Empfindung eines dritten oder eines Combinationstones veranlaſſen. Man hört daher einen ſolchen bei genauer Aufmerkſamkeit, wenn man zwei verſchiedene Töne auf einer Geige oder Pfeife, nicht aber, wenn man ſie auf einem Claviere angiebt. Wurde z. B. die $\bar{d}$-Seite einer Violine in $\bar{e}$ geſtimmt und ſtreicht man ſie dann mit der $\bar{a}$-Seite anhaltend und gleichmäßig an, ſo kommt zunächſt das tiefe A als tartiniſcher Ton zum Vorſchein. Macht $\bar{a}$ 880 und daher $\bar{e}$ $0{,}75 \times 880 = 660$ Schwingungen in der Secunde, ſo gleicht der Combinationston $A = 880 - 660 = 220$ Oscillationen; oder, allgemein ausgedrückt, wird dieſer $= x$, wenn die Schwingungen der beiden Töne durch r und s bezeichnet werden, $= s - r$ ſein. Der erſte Combinationston erzeugt dann aber durch ähnliche Momente einen ſchwächeren zweiten, dieſer einen dritten u. ſ. f., bis endlich die Empfindlichkeit des Gehörorganes den Verhältniſſen eine Grenze ſetzt. Im Allgemeinen ſtören jedoch dieſe tartiniſchen Töne, die immer tiefer ſind, die Harmonie nicht, weil ſie meiſt ohne beſondere Aufmerkſamkeit der Wahrnehmung entgehen.

Eine ausführliche von Dove und Seebeck verfaßte Darſtellung der ſchwierigen Details dieſer Combinationstöne findet ſich in dem Repertorium der Physik. Bd. III. Berlin, 1839. 8. S. 1—53 u. Bd. VI. 1842. 8. S. 90—100.

Die Entfernung des Schalles läßt ſich nur indirect durch Ver- 1230
gleichung der Stärke deſſelben mit der Natur des tönenden Körpers beſtimmen. Wir halten im Allgemeinen einen ſchwächeren Ton für weiter, einen ſtärkeren für näher. Daß aber dieſes Verhältniß nicht minder bedeutende, ja ſelbſt größere Irrungen als bei dem Auge veranlaſſen könne, verſteht ſich von ſelbſt. Wir halten z. B. einen auf unſerer Straße vorüberfahrenden Wagen für ferner, wenn die Fenſter feſt geſchloſſen, als wenn ſie geöffnet ſind. Die Bauchredner benutzen die Dämpfung der Stimme, um ihr den Schein einer größeren Diſtanz zu verleihen.

Aehnliche Phänomene kehren für die Beſtimmung der Richtung des 1231
Schalles wieder. Wir beurtheilen ſie nämlich, wenn wir mit einem Ohre hören, nach der Art, wie die Schallwellen in daſſelbe gelangen. Wir nehmen ſie natürlich am deutlichſten wahr, wenn ſie ſich gerade in der Verlängerung der Achſe unſeres äußeren Gehörganges befinden, und ſind demgemäß im Stande, uns durch Wendung des Kopfes und Vergleichung der verſchiedenen Intenſitäten des Schalles wenigſtens ungefähr zu orientiren. Wir ſuchen deshalb auch unſer Ohr bei dem Auf-

horchen in die Richtung der Schallwellen zu bringen. Taube gebrauchen daſſelbe Mittel ſchon bei dem gewöhnlichen Hören.

Die Differenz der Entfernungen kann noch eine Modification der gehörten Töne unter gewiſſen Verhältniſſen der Zurückwerfung der Schallwellen veranlaſſen. Nähert man ſich nämlich während eines Geräuſches einem Gegenſtande, der daſſelbe zu reflectiren im Stande iſt, ſo vernimmt man mitten aus ihm heraus einen Ton. Dieſer wird bei Zunahme der Entfernung nach und nach tiefer, bei Abnahme derſelben dagegen höher. Am beſten dienen zu ſolchen Verſuchen eine ſenkrechte Wand und Geräuſche, wie das Toben des Meeres, das Rauſchen eines Waſſerfalles oder der Bäume im Winde u. dgl. Nach den Beobachtungen von Savart verhalten ſich hierbei die relativen Entfernungen faſt ganz wie die verhältnißmäßigen Wellenlängen der Töne. Es ergab ſich z. B.

Ton der Skale.	Relativer Abſtand des Ohres von der Mauer.	Relative Wellenlänge.
C	1,00	$1{,}00 \times 1 = 1{,}00$
D	0,90	$1{,}00 \times 8/9 = 0{,}89$
E	0,81	$1{,}00 \times 4/5 = 0{,}80$
F	0,76	$1{,}00 \times 3/4 = 0{,}75$
G	0,67	$1{,}00 \times 2/3 = 0{,}67$
A	0,61	$1{,}00 \times 3/5 = 0{,}60$
H	0,54	$1{,}00 \times 8/15 = 0{,}53$
c	0,50	$0{,}50 \times 1 = 0{,}50$
d	0,45	$0{,}50 \times 8/9 = 0{,}44$
e	0,41	$0{,}50 \times 4/5 = 0{,}40$
f	0,38	$0{,}50 \times 3/4 = 0{,}38$
g	0,34	$0{,}50 \times 2/3 = 0{,}33$

Siehe das Nähere dieſer und der Reflexerſcheinungen eines einzelnen Tones bei Seebeck in dem Repertorium der Physik. Bd. VI. Berlin, 1842. 8. S.19—27 u. Poggendorff's Annalen. Bd. LIX. 1843. 8. S.177.

1232 Wenn wir mit beiden Ohren zugleich hören, ſo beurtheilen wir die ſeitliche Stellung des tönenden Körpers nach dem größeren Eindrucke, welcher auf das eine oder das andere Gehörorgan Statt findet. Wir verſetzen aber den Eindruck in die Mitte, wenn er beide Ohren mit der gleichen Intenſität afficirt. Hierbei findet jedoch die Eigenthümlichkeit Statt, daß die Unterſcheidung von vorn und hinten mangelhaft wird. Fährt z. B. ein ſchwerer Poſtwagen auf der Straße, ohne daß wir ihn ſehen, vorüber, ſo wiſſen wir im Anfange nicht, ob er ſich mit uns in gleicher oder in entgegengeſetzter Richtung hinbewegt [1]). Denn natürlicher

[1]) Vgl. Lincke a. a. O. S. 549.

Weiſe müſſen dieſelben Stöße, indem ſie durch Oscillation von Verdünnungs- und Verdichtungswellen angeregt werden, mit ihren Impulſen von vorn und hinten abwechſeln. Erſt wenn ſie in größerer Ferne ſchwächer werden oder im Verhältniß zu beiden Ohren ungleiche ſchiefe Richtungen erhalten, kann auch in dieſer Hinſicht eine vollkommnere Diſtinction des Ortes zu Stande kommen.

Wenn ein Menſch, der ſonſt auf beiden Ohren gut hört, auf dem einen momentan taub wird, ſo ſcheinen ihm alle Geräuſche von der Seite des geſunden Ohres herzukommen. Als ich mich ein Mal in Folge einer katarrhaliſchen Affection meines rechten Ohres in dieſem Falle befand, ſo glaubte ich z. B. immer, wenn ich mein krankes Gehörorgan einer Landſtraße, mein geſundes den Feldern zuwandte, daß die dahinraſſelnden Wagen auf den letzteren und nicht auf der Straße führen. Dieſe Täuſchung verſchwand erſt einige Tage nachdem das Unwohlſein eingetreten, und das Normalverhältniß gewann hierbei dergeſtalt die Oberhand, daß ich in dieſer Beziehung während der Reconvaleſcenz gar keinen Unterſchied mehr wahrnahm.

Daß wir auf beiden Ohren zweierlei Eindrücke erhalten und erſt 1233
dieſe zu einer einfachen Auffaſſung combiniren, unterliegt ſchon theoretiſch keinem Zweifel und erhellt auch aus der Beurtheilung der ſeitlichen Lage des tönenden Körpers, je nachdem das eine Gehörorgan ſtärker als das andere afficirt wird. Hierher gehört auch die Erfahrung von Steinheim [1]), daß man, wenn man mit zwei Fingern der linken Hand zwei Viertel und mit einem der rechten eine halbe Note am Klavier anſtimmt und die letztere mit den beiden erſteren zuſammenfällt, ſtatt drei vier Töne, nämlich links eine Triole und rechts den einen Schlag hört und mithin den der rechten Seite mit jedem Ohre geſondert wahrnimmt. Dieſes Verhältniß kann wahrſcheinlich durch Aufmerkſamkeit und Uebung in bedeutendem Maaße erhöht und demnächſt benutzt werden. Manche Menſchen beſitzen das Vermögen, während ſie ſelbſt anhaltend mit einer Perſon ſprechen, der ſelbſtſtändigen Unterhaltung anderer benachbarter Individuen zu folgen. Ich ſelbſt habe dieſe Fähigkeit, und faſt ſchien es mir, als wenn ich wenigſtens bisweilen die beiden Reden gleichſam in meine beiden Ohren vertheilte. In Krankheitsfällen tritt nicht ſelten Doppelthören ein. Hier erſcheinen ſogar die Töne, welche durch das eine Ohr wahrgenommen werden, in manchen Fällen höher als die, welche das andere wiedergiebt (Sauvages, Itard, Gumpert) [2]).

Subjective Gehörsempfindungen. — Eine Reihe derſelben 1234
entſteht wiederum dadurch, daß die inneren Theile des Gehörorganes die objective Veranlaſſung der Tonwahrnehmung geben und dieſe daher, obgleich ſie durch adäquate objective Urſachen veranlaßt wird, auf das Subject ſelbſt beſchränkt bleibt. Hierher gehört das dumpfe Knacken bei den Zuſammenziehungen des Tensor tympani, das Rauſchen und Raſſeln bei Verdünnung oder Verdichtung der Luft der Trommelhöhle, bei heftigem Nieſen, Schneuzen, Beißen, bei energiſcher Senkung des Unterkiefers u. dgl. Während der heftigen Aufregung in Folge zu angeſtrengten Laufens oder

---

[1]) Hecker's neue wissenschaftliche Annalen. Bd. III. Berlin, 1836. 8. S. 278. 79.
[2]) Siehe G. v. Gaal Die Krankheiten des Ohres und deren Behandlung. Wien, 1844. 8. S. 244—46.

noch beſſer zu ſehr forcirten Bergſteigens hört man nicht ſelten ein pulſirendes Geräuſch im Ohre, welches wahrſcheinlich durch die bedeutenderen Congeſtionen nach dem Gehörorgane bedingt wird.

1235 Jede inadäquate Reizung des Hörnerven erzeugt natürlich das Gefühl der Tonempfindung. Dieſes erhärten z. B. die verſchiedenen Arten von Ohrenſauſen, welche durch Congeſtionen nach dem Kopfe, Entzündungen, Geſchwülſte u. dgl., die den Gehörnerven afficiren, entſtehen. Welche Momente bald pfeifende, bald raſſelnde oder dumpfe Töne bei dieſer Gelegenheit veranlaſſen, iſt noch unbekannt. Wird ein galvaniſcher Strom durch ein oder beide Ohren geleitet, ſo entſtehen leicht äußerſt heftige Wirkungen, weil wahrſcheinlich die dichten und feuchten Felſenbeine ſehr gut leiten. Bei ſchwächeren Graden des Effectes erzeugt ſich eine Empfindung, wie wenn eine zähe Subſtanz kochte (Volta). Auch ſoll der Ton, ſobald ſich nur eine Elektrode im Ohre befindet, höher ausfallen, wenn dieſe die negative, und tiefer, wenn ſie die poſitive iſt (Ritter). Durch bedeutendere galvaniſche Ströme entſtehen aber nicht bloß ſubjective Gehörempfindungen, ſondern auch Betäubung, Schwindel, Ohnmachten u. dgl. Iſt der Schlag einer ſtarken Leidener Flaſche oder Batterie durch einen Menſchen und vorzüglich ſeinen Kopf geleitet worden, ſo erhält ſich nicht ſelten das Ohrenſauſen länger als alle übrigen beläſtigenden Zeichen. Ueber die ſubjectiven Folgen der chemiſchen Reizung des Gehörnerven liegen bis jetzt keine ſpeciellen Erfahrungen vor.

Aehnliche Perceptionen erſcheinen bisweilen nach Nervenreizungen. Ein leiſes Hinfahren der Finger längs der Oberfläche der Wange erzeugt bei manchen Menſchen ein Brauſen im Ohre (Henle)[1]. Bei Schlafloſigkeit entſteht manches Mal ein heftiges feines Ohrenklingen, das an dem Einſchlafen hindert, ſogleich dagegen verſchwindet, ſo wie man die Töne durch nähere Aufmerkſamkeit zu feſſeln ſucht[2].

Die pathologiſch-phyſiologiſchen Erfahrungen, welche bis jetzt über die Gehörverhältniſſe in Krankheiten vorliegen, ſind noch nicht vollſtändig genug, um immer ein ſicheres Urtheil darüber zu fällen, ob der Grund der abweichenden Momente in einem Leiden des Hörnerven oder einem ſolchen der vorbereitenden Apparate oder beider zugleich liege. Daß Mangel, Lähmung oder Zerſtörung des N. acusticus Taubheit nach ſich ziehe, verſteht ſich von ſelbſt. Dagegen ſoll bloße Vernichtung des Ramus cochleae keine ſolche abſolut bedingen, indem dann noch eine Gehörempfindung durch den N. vestibuli möglich wird[3]. Vielleicht auch, daß dieſer allein oder in bedeutend höherem Maaße bei Tauben leidet, welche zwar nicht durch das Ohr, aber doch noch durch die Kopfknochen Töne vernehmen. Noch dunkeler iſt der größte Teil der ſpecifiſchen Abweichungen der Tonperception, welche manche Gehörkranke darbieten. Bisweilen iſt der Hörnerv dergeſtalt empfänglich, daß ſchon gewöhnliche Schallwellen in übermäßigem Grade reizen und eine unangenehme Empfindung veranlaſſen. Die Perforation des Trommelfelles ruft z. B. nicht ſelten ein ſolches Leiden hervor. Noch häufiger geben umgekehrt nur ſtarke Töne einen hinreichenden Grad von Wahrnehmung. Seltener ſind die Fälle, wo Menſchen gewöhnliche Geräuſche nicht vernehmen, muſikaliſche Töne dagegen deutlich, oder zwar die Muſik, nicht aber die Sprache auffaſſen können. Ausnahmsweiſe findet ſich

---

[1]) Müller's Physiologie. Bd. II. S. 482. 83.

[2]) De functionibus nervorum p. 115. Vgl. Steifenſand in Froriep's Notizen. 1840. 4. Nr. 303. S. 263.

[3]) Esser Annales des sciences naturelles. Tome XXVI. Paris, 1832. 8. p. 59.

auch, daß Menſchen nur dann hören, wenn nebenbei viel Lärm gemacht wird. Dieſe Art von Taubheit wird mit dem Namen der Paracusis Willisiana bezeichnet, weil Willis [1]) darauf aufmerkſam machte, daß manche Individuen nur während des Waffengeräuſches, des Blaſens von Hörnern, des Trommelſchlages das Geſpräch Anderer zu vernehmen im Stande ſind.

Der Mangel des Gehörorganes ſteht mit den geiſtigen Kräften in innigerer Beziehung als der des Geſichtsorganes. Geiſtloſe Leute, Halbcretins und vollkommene Cretins ſind in der Regel harthörig oder ſogar vollkommen taub. Taubſtumme erlangen faſt nie jene Höhe der Cultur und vorzüglich jene Gemüthlichkeit und Güte, deren Blinde fähig ſind. Ihr Charakter fällt leicht ſtörriſch, tückiſch und jähzornig aus, oder es verbindet ſich mit ihrer Infirmität eine gewiſſe Schwachheit des Geiſtes. Zu gleicher Zeit verträgt auch ihr Körper chirurgiſche und medicamentale Eingriffe in bedeutenderem Maaße (Itard, Mansfeld). Uebrigens ſind die Desorganiſationen der Gehörwerkzeuge, welche ihr Leiden bedingen, ſehr mannichfacher Art. Oft hat man es mit angeborenen Entwickelungsfehlern, oft mit acquirirten Leiden zu thun. Diffomitäten des äußeren Ohres und Verſtopfungen des äußeren Gehörganges ſind im Ganzen ſelten; häufiger ſchon finden ſich Mangel, theilweiſe Zerſtörungen oder andere Entartungen des Trommelfelles, Verſtopfung der Trommelhöhle, der Zellen des Zitzenfortſatzes oder der Euſtachiſchen Trompete mit fremdartigen Maſſen, Defect oder Unvollkommenheit der Gehörknöchelchen, Fehlen oder übermäßige Kleinheit des runden Fenſters, des Vorgebirges, Unvollſtändigkeit der Schnecke, Kleinheit des ovalen Loches oder des Vorhofes und vorzüglich Hemmungsbildungen der halbzirkelförmigen Kanäle u. dgl. mehr.

Riechen.

Das Geruchsorgan beſitzt nicht jene mannichfachen und verwickelten 1236
Vorbereitungswerkzeuge, welche wir an dem Auge und dem Ohre wahrnehmen. Der ſenſuelle Träger dieſes Sinneswerkzeuges, der Riechnerv, verbreitet ſich unmittelbar in der Schneider'ſchen Haut der Naſenhöhle und zwar, ſo viel man bis jetzt weiß, bis zu dem oberen Rande des unterſten Viertheils der Naſenſcheidewand, in die Siebbeinzellen und die obere und mittlere Muſchel, ſo daß die am tiefſten gelegenen Parthieen der inneren Naſe nicht mehr als Sinnesapparat zu functioniren ſcheinen. Dieſer unmittelbare Verlauf der empfindenden Nerven in einer ſonſt freiliegenden Schleimhaut erinnert ſchon in hohem Grade an die einfacheren Einrichtungen, welche der taſtenden äußeren Haut oder den inneren Membranen zukommen. Die Geruchsgegenſtände erleiden daher, bevor ſie die Perception vermitteln, eine verhältnißmäßig ſehr geringe Verarbeitung. Als einzigen Erſatz für beſondere Concentrationsvorrichtungen dienen die mannichfachen Unebenheiten, welche die Naſenſchleimhaut vermöge der Theile, an welche ſie ſich heftet, darbietet. Die Geruchsauffaſſung wird auf dieſe Art in ähnlicher Weiſe, wie die Perception feiner Töne durch die Ausbreitung des Schneckennerven quantitativ vermehrt und daher auch empfindlicher gemacht. Dieſem entſprechend wächſt auch die hierdurch bedingte Oberflächenvergrößerung mit der Schärfe des Sinnesorganes bei Menſchen und Thieren.

---

[1]) Th. Willis Opera medica et physica. Lugduni, 1676. 4. De anima brutorum. p. 99.

1237 Objectives Riechen. — Wird nicht der Mund allein als Reſpirationsrohr gebraucht, ſo leiten die Athembewegungen einen Strom von Atmoſphäre längs der riechenden Schleimhaut des Menſchen und der in der Luft lebenden Thiere dahin. Er muß zum Theil bei uns, da unſere Naſenlöcher ſenkrecht nach unten gerichtet ſind, zuerſt in die Höhe gehen und ſich dann bogig umbiegen, um zu den Choanen zu gelangen. Hierdurch iſt er genöthigt, gerade den ſenſuellen Theil der Schneider'ſchen Haut mehr oder minder zu beſtreichen. In ihm enthaltene riechende Stoffe werden daher bei dieſer Einrichtung durch den N. olfactorius mit Leichtigkeit wahrgenommen.

1238 Es unterliegt keinem Zweifel, daß vor Allem nur ſolche Körper, welche der Verflüchtigung fähig ſind und ſich daher als Dünſte mit der Atmoſphäre vermiſchen, paſſende Objecte für unſeren Geruchsſinn darſtellen. Allein eine andere Frage iſt, ob der elaſtiſch-flüſſige Zuſtand allein ein abſolutes Requiſit in dieſer Hinſicht bilde oder nicht. Wir riechen allerdings feine Pulver, welche in der Luft mechaniſch ſuspendirt ſind, deutlicher, wenn ſie in unſere Naſe gelangen, als wenn ſie von derſelben entfernt bleiben. Hierdurch wird jedoch nichts entſchieden, weil ihre Verdampfungsatmoſphäre ſehr gering ſein und mithin die Perception derſelben bei einer gewiſſen nicht ſehr großen Entfernung hinwegfallen kann. Flüſſige Stoffe, wie z. B. Waſſer, welches etwas Salzſäure, Chlor, Kohlenſäure enthielt, Aetherarten erzeugten keine Geruchsempfindung, ſobald ſie hoch hinauf in die Naſe geſpritzt wurden (Tourtual)[1]. Allein auch hier fragt es ſich, ob nicht der mechaniſche ſenſible Eindruck, welcher die nothwendige Folge ſolcher Verſuche bildete, den ſenſuellen überwand oder die hierdurch verurſachte chemiſche Veränderung des Naſenſchleimes die Auffaſſung unmöglich machte, oder, wie wir ſpäter ſehen werden, die Strömungsrichtung ſelbſt den negativen Erfolg veranlaßte. Dagegen iſt es keine Frage, daß die elaſtiſch-flüſſige Cohäſion der riechbaren Subſtanzen die Empfindung derſelben in hohem Grade befördert. Die Wärme oder die Reibung, welche dieſe Bedingung begünſtigt, bringt erſt einzelne Gerüche zum Vorſchein, während ſie andere verſtärkt. Reagentien, die flüchtige Stoffe entbinden, erhöhen den Geruch, ſolche dagegen, welche das Gegentheil bewirken, vermindern denſelben.

1239 Der N. olfactorius empfindet noch Ausſtrömungen, welche ſich weder durch die Wage, noch durch chemiſche Prüfungsmittel mit Sicherheit nachweiſen laſſen. Papiere z. B., die durch einen Gran Ambra durchduftet waren, hatten ihren Geruch noch nach 40jähriger Aufbewahrung nicht verloren (Haller)[2]. 100 Gran Ambra, welche einen ſtarken Duft verbreiteten, zeigten in $3\frac{1}{2}$ Tagen keinen irgend merklichen Gewichtsverluſt (Boyle)[3]. Verſuche der Art, welche ich mit dem Moſchus anſtellte,

---

[1]) C. Th. Tourtual die Sinne des Menſchen in den wechſelſeitigen Beziehungen ihres pſychiſchen und organiſchen Lebens. Ein Beitrag zur pſychiſchen Aeſthetik. Münſter, 1827. 8. S. 96. 97.

[2]) A. v. Haller Elementa physiologiae c. h. Lausannae, 1763. 4. Tom. V. p. 157.

[3]) H. Cloquet Ophreſiologie oder Lehre von den Gerüchen, von dem Geruchsſinne und

gaben mir ähnliche, obgleich nicht ganz definitiv entſcheidende Reſultate, weil er etwas hygroſkopiſch iſt und die Veränderungen der Feuchtigkeit der Atmoſphäre bei ſehr genauen Wägungen anzeigt. Ich tarirte z. B. einen alten Moſchusbeutel, der ſchon Jahre lang trocken in einem Glasgefäße aufbewahrt worden und einen ſehr intenſiven Geruch verbreitete. Er wog mit dem Uhrglaſe, auf dem er lag, 10,456 Grm. Nun wurde es im Julius unter einem umgeſtürzten Glaſe in einem verſchloſſenen Schranke hingeſtellt. Obgleich das Zimmer mehrere Male im Tage gelüftet worden, hatte ſich doch ein ſtarker Moſchusgeruch nicht nur in ihm, ſondern auch in dem anſtoßenden Gange verbreitet. Nichts deſto weniger zeigte ſich nach nicht ganz 11 Tagen oder genauer nach 262 Stunden bei eben ſo trockener Sommerwitterung, wie zur Zeit der erſten Wägung, daß das Ganze noch etwas mehr als 10,455 Grm. wog, mithin noch nicht ein Milligramm verloren hatte. Dieſes giebt im Durchſchnitt für die Minute weniger als $\frac{0,001}{262 \times 60} = 0,0000000636$ Grm. oder ungefähr $^1/_{166666}$ Milligramm. Bedenken wir nun, daß eine momentane Berührung des Uhrgläschens, auf welchem der Moſchusbeutel lag, hinreichte, um den Geruch einem Menſchen für einige Zeit mitzutheilen, ſo ergiebt ſich hieraus, welches Minimum zu dieſem Reſultate erforderlich iſt. Befand ſich der Moſchus $3^1/_2$ Tage in einer mit Waſſerdampf geſättigten Atmoſphäre, ſo ließ ſich ſein Gewichtsverluſt durch die Wage noch gar nicht merken. Hierzu kommt noch, daß der Moſchusgeruch, wie ſich mit Gewißheit annehmen läßt, von keiner eigenthümlichen Subſtanz, ſondern von einem Zerſetzungsproceſſe organiſcher Körper, welcher die Erzeugung flüchtiger Verbindungen veranlaßt, herrührt. Wir finden ihn deshalb auch z. B. in der faulenden Galle des Rindes und anderer Thiere. Zu demſelben Reſultate führt die Thatſache, daß das Reiben von Metallen, z. B. von Kupfer, Zink u dgl. einen eigenthümlichen Geruch bedingt. Hier können Minima von Stoffen, für welche jede andere Erkenntniß mangelt, durch ein feines Geruchsorgan mit Beſtimmtheit wahrgenommen werden. Daher riecht auch oft die Lungen- und Hautausdünſtung nach dem Genuſſe von Subſtanzen, die flüchtige riechende Körper enthalten, ſobald nur geringe Mengen derſelben ins Blut übergegangen.

Daß aber dennoch die Gerüche an materielle Verhältniſſe gebunden 1240
ſeien, läßt ſich aus anderen Beobachtungen mit Recht entnehmen. Man vermag aus den meiſten riechenden Körpern Subſtanzen darzuſtellen, welche die Geruchseigenſchaften derſelben concentrirt wiedergeben und daher als die Träger dieſer Eigenthümlichkeiten angeſehen werden können. Hierher gehören z. B. viele Pflanzenöle, einzelne Harze u. dgl. Eine Blume behält ihren Geruch, ein faulender organiſcher Theil ſeinen Geſtank ſo lange bei, als ſolche riechende und verflüchtigbare Materien, wenn auch nur in geringen Mengen, in ihm vorhanden ſind. Befand ſich eine Roſen-

---

den Geruchsorganen und deren Krankheiten. Aus dem Franzöſiſchen überſetzt. Weimar, 1824. 8. S. 31.

knoſpe unter einem luftleeren Gasrecipienten vierzehn Tage lang eingeſchloſſen, ſo bewahrte ſie ihren Duft vollſtändig. Als ſie aber wiederum in die Atmoſphäre gebracht worden, wurde ſie ſchon innerhalb zwei Stunden geruchlos (Hughens u. Papin). Veilchen, Reſeda verlieren ſchon oft ihren Duft, wenn man ſie nur anhaltend mit den Fingern reibt. Viele Pflanzen riechen nur zu beſtimmten Zeiten, welche den Austritt ihrer verflüchtigbaren riechenden Beſtandtheile begünſtigen. Poröſe Körper, wie Papier, Wolle, Baumwolle, Haare, Federn u. dgl., die eine ſtarke mechaniſche Anziehung mittelſt ihrer Capillarräume ausüben, fixiren auch die Gerüche mit beſonderer Intenſität. Umgekehrt vertreiben wir ſie durch Wärme oder chemiſch zerſetzende Subſtanzen. Daß alle riechenden Materien einen eigenthümlichen Riechſtoff (Spiritus rector) beſitzen oder daß die Geruchseindrücke durch bloße Veränderungen der Atmoſphäre ohne fremdartige chemiſche Beimiſchungsſubſtanzen bedingt werden, ſind Vorſtellungen, welche dem heutigen Standpunkte der Chemie und Phyſiologie nicht mehr entſprechen.

1241 Die Mechanik des Riechproceſſes iſt uns zu einem großen Theile unbekannt. Damit eine Empfindung zu Stande komme, müſſen die riechenden Partikeln vor der Schneider'ſchen Haut vorbeiſtrömen. Wird dabei die riechende Atmoſphäre in einen hinreichend weiten Trichter concentrirt, ſo erhält man auch natürlich eine ſtärkere Wahrnehmung (Leslie)[1]. Bei einer gewiſſen Länge und Dünne deſſelben dagegen ergab ſich ein entgegengeſetzter Erfolg. Wie es ſcheint, iſt es jedoch keineswegs gleichgültig, in welcher Weiſe dieſe Strömung vor ſich geht. Wurde das linke Naſenloch eines Mannes, dem vor einiger Zeit die ganze rechte Hälfte der äußeren und inneren Naſe nebſt der Naſenſcheidewand durch die Exſtirpation eines Aftergewächſes ausgeſchnitten worden war, zugehalten und ein Fläſchchen mit verdünntem kauſtiſchen Salmiakgeiſt vor die krankhafte Mündung gebracht, ſo fehlte die Geruchsempfindung, obgleich die Ammoniakdünſte auf kürzerem, aber nicht natürlichem Wege zu den noch vorhandenen linken Muſcheln gelangten. Die Perception ſtellte ſich aber ein, ſo wie die Dämpfe durch das noch vorhandene Naſenloch und mithin auf der naturgemäßen Bahn eingezogen wurden (Bidder)[2]. Legte man in eine Spritze ein Stückchen Kampher, ſo daß die zur Mündung derſelben hervorgetriebene Luft deutlich roch, ſo blieb die Empfindung aus, ſobald der Stempel der Spritze vorgeſchoben, zu gleicher Zeit aber mit dem Einathmen eingehalten wurde. Man ſpürte nur das Prickeln, mithin einen ſenſiblen und keinen ſenſuellen Eindruck. Schob man aber die Canäle der Spritze weiter in die Naſe hinauf, ſo verringerte ſich die Geruchsperception, obgleich auf dieſe Weiſe die Ausflußmündung der Dünſte den ſenſuellen Theilen der Naſe näher gebracht worden (Bidder)[3]. Verſchloß ich ein Fläſchchen, welches mit Hoffmann'ſchen Tropfen gefüllt war,

---

[1]) Gehler's physikalisches Wörterbuch. Bd. IV. Leipzig, 1824. 8. S. 1344. 45.

[2]) F. H. Bidder Neue Beobachtungen über die Bewegungen des weichen Gaumens und über den Geruchssinn. Dorpat, 1838. 4. S. 24.

[3]) a. a. O. S. 23. 25.

durch einen in eine lange Röhre auslaufenden Trichter und brachte ihn an das eine Naſenloch, während das andere mit einem erweichten Papierſtücke feſt verſtopft war, ſo empfand ich natürlich den Geruch bei dem Einathmen auf der Stelle. Er verminderte ſich aber in vielen Fällen und verſchwand ſogar bisweilen gänzlich, ſo wie das Rohr möglichſt hoch bis über das Niveau der mittleren Muſchel hinaufgeſchoben und eine gleich tiefe Inſpiration wie früher veranſtaltet wurde.

Es ſcheint mithin die Einrichtung der äußeren Naſe den riechenden Luftſtrom in einer beſtimmten nothwendigen Richtung vor dem ſenſuellen Theile der Schneider'ſchen Haut vorbeizuleiten. Hiermit ſtimmt, daß man auch die Gerüche während der Exſpiration ſchwächer als während der Einathmung wahrnimmt. Ein Stückchen Kampher, welches ſich bei geſchloſſenen Lippen in der Mundhöhle befindet, riecht ſchwächer, als wenn es vor die Naſenlöcher gehalten wird, obgleich ſeine Dünſte in dem erſteren Falle durch den Ausathmungsſtrom die Naſenſchleimhaut beſtreichen. Noch deutlicher gelingt derſelbe Verſuch, wenn man eine Quantität Schwefeläther auf einem Löffel im Munde unter ähnlichen Verhältniſſen verdampfen läßt. Wenn aber angenommen wurde, daß dieſe beſtimmte Strömungsrichtung gewiſſe nothwendige Vibrationen, ähnlich denen der Schallwellen errege (Bidder) [1], ſo läßt ſich eine ſolche Hypotheſe für jetzt weder phyſikaliſch erhärten noch überhaupt auf eine ſpeciellere Weiſe entwickeln. Eben ſo wenig läßt ſich entſcheiden, ob die eben erwähnte Erſcheinung mit den Verhältniſſen der Flimmerbewegung zuſammenhängt. Geht der Flimmerſtrom in den Muſchelbeinen von hinten nach vorn (§. 605), ſo würde die Strömung der regelrecht eingeathmeten Luft den Wellen derſelben entgegengeſetzt gerichtet ſein, während dieſes ſonſt nicht der Fall iſt. Jedenfalls ſchwächen aber dieſe Facta die Beweiſe, welche man in Betreff des Mangels der Riechperception flüſſiger Stoffe durch Injection derſelben in die Naſe liefern wollte (§. 1238).

Das Riechen ſelbſt kann keine unmittelbare Empfindung der dunſt- 1242
förmigen Körper, welche wahrgenommen werden, darſtellen. Denn zwiſchen ihnen und den Primitivfaſern des Geruchsnerven liegen der Naſenſchleim, das Flimmerepithelium und die mit Ernährungsflüſſigkeit durchtränkte Faſerſchicht der Schneider'ſchen Membran. Stellen wir uns daher die Geruchsempfindung als eine chemiſche Perception vor, ſo wäre dieſes auf keine andere Weiſe möglich, als daß ſich die riechenden Partikel in dem Schleime auflöſen und ſo in tropfbar flüſſigem Zuſtande zu dem N. olfactorius gelangen. Wollte man dagegen eine gewiſſe Aehnlichkeit mit den Schallwellen ſtatuiren, ſo würden auch dann die Faſern des Geruchsnerven durch Vibrationen flüſſiger oder feſter Körper gleich dem N. acusticus afficirt werden. Dieſe Verhältniſſe machen auch das Riechen im Waſſer, ſei es, daß die hierzu nöthigen Dünſte in ihm aufgelöſt oder nur mechaniſch vertheilt ſind, erklärlicher. Eine gewiſſe Parallele zwiſchen dem Athmen in der Luft und im Waſſer iſt in dieſer Hinſicht kaum zu verkennen.

---

[1] a. a. O. S. 23. 25.

Viele Forſcher leiten die Urſache der Abſtumpfung oder des Mangels der Geruchsempfindung, welche bei Katarrhen eintritt, von der größeren Trockenheit der Naſenſchleimhaut her. Allein einerſeits wird dieſe nie ſo bedeutend, daß hierdurch die chemiſche Einwirkung der riechenden Stoffe unmöglich gemacht würde, und anderſeits hört auch die Perception auf, wenn gerade die Schleimabſonderung in ſehr verſtärktem Maaße vor ſich geht. Der Grund der Verringerung der Empfindung liegt daher entweder in der Veränderung des Schleimes ſelbſt oder in dem dann Statt findenden Mangel des Flimmerepithelium oder in beiderlei Momenten zugleich.

1243 Weder der elaſtiſch flüſſige Cohäſionszuſtand allein, noch die leichte Verflüchtigung oder andere phyſikaliſche Eigenſchaften bilden ein ſicheres Entſcheidungsmittel, ob ein Körper rieche oder nicht. Manche Gaſe, wie Sauerſtoff, Stickſtoff, Waſſerdünſte u. dgl. haben keinen ausgezeichneten Geruch, während andere Körper, wie Moſchus, Ambra u. ſ. w. nur in Minimis zu verdunſten brauchen, um ſogleich eine intenſive Geruchsempfindung zu veranlaſſen. Es müſſen daher andere noch unbekannte Eigenthümlichkeiten die Rolle eines adäquaten Reizes für den N. olfactorius übernehmen. Noch merkwürdiger erſcheint aber die Veränderung der Geruchsempfindung, welche je nach der Verſchiedenheit der Intenſität der veranlaſſenden Urſachen Statt findet. Das Auge ſieht zahlreiche Lichtſtrahlen qualitativ nicht anders als ſparſame. Ein ſtarker Ton wird nicht höher als ein ſchwacher wahrgenommen. Der Geruch dagegen, welchen z. B. ein dicht vor unſere Naſe gehaltener Moſchusbeutel veranlaßt, iſt ſelbſt qualitativ nicht mehr derſelbe, den eine mit wenig Moſchus geſättigte Atmoſphäre darbietet. Wenn uns zwar im Allgemeinen ſchwächere Gerüche angenehm, ſtarke betäubend afficiren, wenn alſo auf dieſe Art ein ähnlicher Unterſchied wie bei einer wohlthuenden oder einer blendenden Beleuchtung hervortritt, ſo liegt doch häufig das Widerliche des Eindrucks nicht bloß in dem Quantitativen, ſondern auch zugleich in der Qualität der Perception.

1244 Die Beurtheilung der Annehmlichkeit oder Widerlichkeit der Gerüche iſt ebenfalls ſehr relativ. Die meiſten Perſonen finden den Stinkaſand ſehr widerlich, während ihn Einzelne ausnahmsweiſe dergeſtalt lieben, daß ſie z. B. ihre Teller damit beſtreichen laſſen und ſich ſeiner die Alten und die Aſiaten geradezu als Würze bedienten. So unangenehm der Moſchusgeruch in der Regel gefunden wird, ſo lieben es wieder Manche, ihre Wäſche mit demſelben zu imprägniren. Morgenländiſche und indiſche Völker ergötzen ſich an Baldrian und gebrauchen denſelben mit Behaglichkeit zu ihren Bädern. Auf alle dieſe Verhältniſſe haben übrigens Gewohnheit und Sitte den bedeutendſten Einfluß. Knoblauch, Zwiebeln, Käſe u. dgl. afficiren z. B. das Geruchsorgan nicht mehr ſo unangenehm, wenn ſie häufig den Speiſen beigemengt ſind. Der Wanzengeruch oder der ähnliche von Coriandrum sativum, der den meiſten Menſchen unleidlich iſt, erſcheint vielen Individuen indifferent. Die Rhabarber, welche von Manchen ſehr gut genommen wird, kann von Anderen nicht gerochen werden, ohne ſogleich den heftigſten Widerwillen und ſelbſt Ekel und Erbrechen zu erzeugen. Der Kamtſchadale liebt den Geruch von ranziſchem Speck, der Tartar den von faulenden Pferden mehr als den der duftenden Blumen.

Selbſt Subſtanzen, welche ein gewöhnliches Geruchsorgan nicht beſonders ſtark afficiren, können bei Einzelnen den heftigſten Widerwillen bedingen. Man kennt Beiſpiele, wo der Geruch von Aepfeln, Krebsbrühe, einer Roſe, der Reſeda Folgen der Art nach ſich zog [1]).

Noch häufiger erſcheinen ſolche Anomalien bei krankhaften Verſtimmungen des Nervenſyſtemes. In hohem Grade hyſteriſche Frauen oder ſelbſt hypochrondriſche Männer riechen oft die widerlichſten Dinge, wie angebranntes Horn, brennende Federn, empyreumatiſches Oel, Asa foetida u. dgl. mit dem größten Wohlbehagen, während ihnen Gerüche, die anderen Leuten ſehr angenehm vorkommen, z. B. die der Roſen, Lilien, üble Eindrücke, Kopfſchmerzen u. dgl. verurſachen. Wir werden in der Folge ſehen, daß ähnliche Verirrungen der Thätigkeiten der Geſchmackswerkzeuge nicht ſelten den eben erwähnten Eigenthümlichkeiten des Geruchsorganes parallel gehen.

Die Schärfe des Geruchs wechſelt bei verſchiedenen Menſchen in 1245
hohem Grade. Wilde können bisweilen durch ihn die Spur ihrer Feinde oder Freunde verfolgen. Die in die Urwälder geflüchteten Neger unterſcheiden auf dieſe Art den Weg, welchen ein Weißer, von dem, den ein Schwarzer betreten hat, und nähern ſich daher in ſolcher Hinſicht den ſcharfſpürenden Thieren. Auch einzelne civiliſirte Europäer beſitzen ein ausnehmend ſcharfes Geruchsorgan. Solche Leute erkennen mittelſt deſſelben die Ausdünſtung, welche ein Blattern- oder anderartiger Ausſchlagskranker darbietet. Einzelne unterſcheiden ſogar, ob gerade eine in ihrer Nähe befindliche Frau menſtruirt oder nicht, Andere, ob ſie an weißem Fluſſe oder anderen Abweichungen der Geſchlechtsabſonderungen leidet. Manche Menſchen, die ſonſt ſcheinbar geſund ſind, haben für einzelne Individuen einen beſonders anziehenden oder abſtoßenden Geruch.

Umgekehrt finden ſich nicht ſelten Perſonen mit ſehr ſtumpfem Riechſinne, während Andere viele Dinge auf richtige Weiſe durch ihr Geruchsorgan auffaſſen, manche dagegen gar nicht empfinden. Reſeda z. B. hat bei nicht wenigen Individuen keine beſondere Perception zur Folge. Eben ſo iſt in Einzelfällen beobachtet worden, daß manche Menſchen nur faulenden Kohl oder Dünger, nicht aber andere Subſtanzen, oder zwar nicht die Vanille, jedoch vanillenduftende Blumen rochen [2]).

Stellt man mit einer größeren Reihe von Menſchen Verſuche an, ſo combiniren ſich bisweilen die Reſultate dahin, daß eine und dieſelbe Blume Einigen gut, Anderen übel und noch Anderen gar nicht riecht. Die Blumen von Iris persica z. B. machten unter 54 Perſonen auf 41 einen angenehmen, auf 4 einen unbedeutenden, auf 8 gar keinen und auf eine einen widerlichen Eindruck. Unter 30 Menſchen fanden 23 Anemone nemorosa wohlriechend, 7 dagegen gar nicht duftend (Turner) [3]). Alle dieſe Erſcheinungen paralleliſiren ſich, wie man leicht ſieht, dem mangelhaften Farbenſehen oder der unvollkommenen Auffaſſung der Höhe und der Tiefe der Töne.

---

[1]) Cloquet a. a. O. S. 76.

[2]) Cloquet a. a. O. S. 75.

[3]) F. Arnold Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Zürich, 1841. 8. S. 561. Bd. II. Abth. II.

1246 Iſt die Atmoſphäre mit einer hinreichenden Menge riechender Dünſte geſchwängert, ſo reicht der gewöhnliche ruhige Einathmungsſtrom hin, um eine entſprechende Empfindung hervorzurufen. Der Geruch bietet ſich daher von ſelbſt dar. Wir können ihn, wenn er uns angenehm iſt, durch tiefe Inſpirationen verſtärken, im entgegengeſetzten Falle dagegen wenigſtens für eine Zeitlang dadurch unterdrücken, daß wir uns des Einathmens enthalten oder daſſelbe bei verſchloſſenen Naſenlöchern vollführen. Wollen wir dagegen einen ſchwachen Geruch genauer wahrnehmen, ſo genügt keine bloß einfache tiefe Inſpiration, ſondern wir wiederholen dann bei dem Schnüffeln eine Reihe von Einathmungsſtößen raſch hinter einander und verſtärken hierdurch unſere Wahrnehmung. Dieſe Thatſache könnte, wenn man will, zu Gunſten der Parallele der Geruchsempfindung mit der Aufnahme der Tonwellen durch den Hörnerven gedeutet werden.

1247 Wir nehmen nicht ſelten, wenn wir unſere Geruchsempfindung auf die eben geſchilderte Weiſe verſtärken wollen, die Thätigkeit der Muskulatur der Naſe und ſelbſt der ihrer Nachbartheile in Anſpruch. Es werden nämlich zunächſt bloß die Naſenlöcher durch die Dilatatores narium posterior und anterior erweitert. Bei erhöhter Anſtrengung dagegen zieht ſich die ganze Naſe möglichſt empor, ſo daß ſich die Haut des Rückens derſelben ſtark runzelt. Hierzu dienen vorzüglich der von dem Stirnmuskel kommende Procerus und der Levator labii superioris alaeque nasi. Die genaue Verbindung des letzteren mit der Oberlippe und vielleicht ſelbſt die unterſtützende Thätigkeit anderer Muskeln der letzteren bedingen alsdann die Verzerrung des Mundes, welche bei den intenſiven Graden des Aufriechens hervortritt.

1248 Der Ort, an welchem ſich riechende Subſtanzen befinden, kann nur ſehr unbeſtimmt beurtheilt werden. Da unſere Naſe nicht nach verſchiedenen Seiten hin gewendet zu werden vermag, ſo ſind wir nur im Stande, nach Maßgabe der nothwendigen Drehung des Kopfes zu beurtheilen, woher ein Geruch komme. Als einziges Erkenntnißmittel der Entfernung aber dient nur die Intenſität des Geruches, welche natürlich durch die Größe des Abſtandes, d. h. durch eine bedeutendere Vertheilung in ein vermehrtes Quantum Atmoſphäre geſchwächt wird. Daß in beiderlei Beziehungen ſehr weſentliche Täuſchungen erfolgen können, verſteht ſich von ſelbſt. Wir halten z. B. eine wohlriechende Roſenpflanzung, einen Düngerhaufen, den wir nicht ſehen, für näher gelegen, wenn uns gerade der Wind ſeine Ausdünſtungen direct zuweht.

1249 Es läßt ſich mit Recht vorausſetzen, daß die Geruchsempfindung gleich den übrigen Sinneswahrnehmungen eine beſtimmte Zeitdauer ihres Eindruckes, gewiſſe Neben- und Ergänzungsperceptionen und ähnliche, anderen ſenſuellen Auffaſſungen analoge Eigenſchaften haben werde. Allein theils die Natur der Sache ſelbſt, theils die Unbekanntſchaft mit der Mechanik des Riechens machen es für jetzt unmöglich, ein beſtimmtes näheres Urtheil in dieſer Beziehung zu fällen. Ein ſchwacher Geruch verſchwindet, ſo wie die Einathmung aufhört. Man riecht nichts, wenn auch vorher die duftenden Partikeln durch eine tiefe Inſpiration hoch hinauf gezogen wurden und nur durch

den Ausathmungsſtrom von empfindenden Schleimhautſtellen vorbeiſtreichen.
Athmet man dagegen über eine Flaſche mit Aether aus, ſo daß eine Re-
flexion der exſpirirten Luft Statt findet, ſo erhält man ſchon während der
Exſpiration eine Geruchsempfindung, die mir ſtärker vorkam, wenn ich
nur ein Naſenloch geöffnet hatte. Ein ſchwacher Geruch verſchwindet,
wenn die riechende Subſtanz ſogleich entfernt wird, mit dem Aufhören der
Einathmung, ein ſtarker dagegen verharrt über dieſe hinaus. Man kann
jedoch nicht dieſe Erſcheinung mit Sicherheit für eine Nachempfindung hal-
ten, weil ſie oft verhältnißmäßig ſehr lange dauert und es unentſchieden
bleibt, ob nicht noch mit riechenden Dünſten geſchwängerte Atmoſphäre in-
nerhalb der Naſe in Bewegung iſt.

Halten wir uns zweierlei mit verſchiedener Intenſität riechende Sub-1250
ſtanzen vor beide Naſenlöcher, ſo beſiegt bald der ſtärkere Eindruck den
ſchwächeren. Wenn ſich z. B. an einer Naſenöffnung Hoffmann'ſche
Tropfen, an der anderen eine kleine Schachtel mit ſchwach riechenden
Schwefel- oder chemiſchen Zündhölzchen befindet, ſo nimmt man häufig
nur den Geruch des Schwefeläthers wahr. Sind dagegen beiderlei Ge-
rüche ſtark, ſo kann man ſie bei beſonderer Aufmerkſamkeit zuſammen oder
ſelbſt momentan je nach dem Einfluſſe des Willens vereinzelt auffaſſen.
Solche Verſuche gelangen mir z. B. mit Schwefeläther und peruaniſchem
Balſam. Es exiſtirt alſo auch hier ein Wettſtreit zwiſchen den beiden
ſeitlichen Sinneswerkzeugen.

Zu ſtarke Eindrücke ermüden und machen für dieſelben Gerüche gleich-1251
gültig oder lähmen ſelbſt das Riechvermögen. Richelieu hatte ſich mit
Wohlgerüchen dergeſtalt überſättigt, daß ſie ihm zuletzt indifferent oder
ſelbſt zum Theil widerlich wurden. Dieſelbe Erfahrung kann Jeder bei
dem öfteren Beſuch eines geſchloſſenen Zimmers, das viele Lilien enthält,
machen. Leidenſchaftliche Tabaksſchnupfer verlieren nicht ſelten den Geruch.
Hierher gehört auch der oben (§. 1243) erwähnte Einfluß der Gewohnheit.
Landleute, welche düngen, Arbeiter, die Kloaken reinigen, Chemiker, Aerzte,
Apotheker, Kranke mit ſtinkenden Geſchwüren werden zuletzt gegen üble
Gerüche, mit denen ſie häufig zu thun haben, weniger empfindlich als es
andere Menſchen ſind.

Obgleich das Geruchsorgan zu keinen höheren künſtleriſchen Anſchauun-1252
gen wie das Auge und das Ohr Veranlaſſung giebt, ſo haben doch ſeine
Eindrücke, wenn ſie ſtärker werden, einen ſehr weſentlichen Einfluß auf
die höheren Thätigkeiten des Nervenſyſtemes. Intenſive Gerüche bedingen
leicht Kopfſchmerz, Betäubung, Schläfrigkeit u. dgl. und verurſachen,
wenn ſie längere Zeit eingewirkt haben, anhaltende Congeſtionen nach dem
Kopfe und deren nachtheilige Folgen. Daher nicht ſelten das Schlafen in
einem Zimmer, welches ſtark mit Lilien, Roſen, ätheriſchen Oelen u. dgl.
durchduftet iſt, ſchädlich wirkt. Bei großer Reizempfänglichkeit und vor-
züglich bedeutender Nervenverſtimmung können ſchon mäßige eigenthümliche
Blumendüfte Ekel, Erbrechen, Krämpfe und andere Nervenaufregungen
hervorrufen. Hyſteriſche werden z. B. bisweilen durch die Ausdünſtung

von Malva moschata von ſolchen ſchädlichen Wirkungen heimgeſucht [1]). Endlich ſtehen die Gerüche nicht ſelten mit den geſchlechtigen Begierden in innigſter Verbindung. Viele Thiere erfahren bekanntlich die Nähe des anderen Geſchlechtes oder die Anweſenheit der Brunſt durch den Geruchsſinn. Auf gleiche Weiſe empfinden einzelne Wollüſtlinge ein beſonderes Behagen an dem Geruche, welchen menſtruirende Mädchen und Frauen verbreiten, an dem der Secretionen der Geſchlechtstheile, oder der durch Schweiß durchtränkten Kleider, der wenig pomadirten Haare ihrer Geliebten u. dgl. mehr. Solche Empfindungen regen ſie zur ſtärkſten Begierde der Befriedigung des Geſchlechtstriebes an.

Wenn z. B. nach dem anhaltenden Einathmen und Riechen von Pulvern des Nießwurzes, der Coloquinten u. dgl. Durchfall oder Erbrechen entſteht, ſo hat dieſes unzweifelhaft in keiner bloßen Folge der Geruchsthätigkeit, ſondern darin ſeinen Grund, daß eine größere Menge feiner Theilchen dieſer Subſtanzen an den Schleimhäuten, an denen der Athmungsſtrom vorübergeht, hängen bleibt, hier aufgelöſt und endlich reſorbirt wird. Die Wirkung iſt alſo die gewöhnliche materielle und nicht etwa, wie man früher glaubte, eine conſenſuelle, welche durch das Nervenſyſtem vermittelt würde. Auf den gleichen Principien beruht der Eintritt betäubender und ſelbſt tödtlicher Wirkungen nach dem anhaltenden Geruche ſehr giftiger flüchtiger Subſtanzen.

1253 Die Naſenſchleimhaut beſitzt außer dem Vermögen der Geruchsempfindung zu gleicher Zeit das der Taſtempfindung. Wie ſie das erſtere den in ihr verlaufenden Verzweigungen der N. N. olfactorii verdankt, ſo rührt die letztere Eigenthümlichkeit von denen der N. N. trigemini her. Beiderlei Perceptionen ſind, wie wir in der Nervenphyſiologie ſehen werden, von einander gänzlich verſchieden und getrennt. Es kann die Geruchsempfindung allein verſchwinden, während die Taſtperception der inneren Naſe verbleibt, und umgekehrt. Manche leidenſchaftliche Tabaksſchnupfer riechen nichts mehr, empfinden aber nichts deſto weniger ein Behagen am Tabak, weil er ihnen einen gewiſſen Kitzel verurſacht. Sie beurtheilen daher auch nach dieſem Principe die Güte des Productes, welches ſie in ihre Naſe einziehen. Menſchen mit Lähmung des N. trigeminus ſpüren es nicht und werden auch nicht zum Nieſen angeregt, wenn man die Naſenſchleimhaut der paralytiſchen Seitenhälfte mit einem Drahte angreift, unterſcheiden aber noch vollkommen den Geruch einer Roſe von dem Geſtanke der Excremente.

1254 Viele riechende Subſtanzen, wie z. B. Chlor, Aetzammoniak, Aether u. dgl. afficiren die Geruchsempfindlichkeit und die Taſtperception der Naſe zu gleicher Zeit. Sie riechen nicht bloß eigenthümlich, ſondern erzeugen außerdem ein Gefühl von Brennen, Stechen, Prickeln u. dgl. Es ergiebt ſich aber hieraus von ſelbſt, daß ſie immer noch afficiren müſſen, wenn ſogar die N. N. olfactorii oder die N. N. trigemini gelähmt ſind. Die Nichtunterſcheidung dieſer Verhältniſſe gab früherhin zu dem Irrthume Veranlaſſung, daß nicht bloß der Geruchsnerv, ſondern auch der dreigetheilte Nerv die wahren Riechperceptionen bedinge.

1255 Halten wir den Grundſatz feſt, daß nur diejenigen Theile, welche mit Zweigen des N. olfactorius verſehen werden, Geruchsempfindung vermit-

[1]) Cloquet a. a. O. S. 56.

teln, ſo kann dieſe nicht durch den unterſten Theil der Schleimhaut der Naſe oder die der Keilbeinshöhle, der Stirn- oder der Kieferhöhlen zu Stande kommen. Man ſuchte zwar die ſenſuelle Unempfindlichkeit der letzteren Gebilde noch dadurch zu erhärten, daß Einſpritzungen riechender Flüſſigkeiten durch krankhafte Oeffnungen der Sinus frontalis oder maxillaris (Deſchamps, Richerand, Bidder)[1]) keine Riechwahrnehmungen bedingen. Allein dieſe Verſuche unterliegen denſelben Einwänden, welche die Injectionen von Fluidis in die Naſe geſtatten (§.§. 1238 u. 1241). Ob übrigens der aus den genannten Nebenhöhlen abfließende Schleim, ſo wie die durch den Naſencanal herabkommenden Thränen durch ihre Vermiſchung mit dem Naſenſchleime die Geruchsempfindung unterſtützen oder, was wahrſcheinlicher ſein dürfte, in dieſer Hinſicht einflußlos ſind, iſt unbekannt.

Subjective Geruchsempfindungen. — Mechaniſche Erſchütte- 1256
rungen des N. olfactorius rufen entſprechende ſenſuelle, rein ſubjective Empfindungen hervor. Eine ſolche, die nicht immer ganz angenehm iſt, ſtellt ſich z. B. bei mir, der ich ſehr fein rieche, nach heftigem Nieſen ein und dauert oft einige Zeit fort. Drücke ich meine Naſenlöcher zuſammen und laſſe hierauf die Naſenflügel losſchnellen, ſo habe ich eine ſubjective Geruchsempfindung, die nicht immer die gleiche bleibt und mir oft ſehr angenehm erſcheint. Dieſe Beobachtung wird mir ſelbſt dann, wenn ich den Schnupfen habe, möglich.

Auch vom Blute aus können, wie es ſcheint, ſubjective Gerüche wahrgenommen werden. Hatte man einem Hunde eine riechende Flüſſigkeit in die Venen eingeſpritzt, ſo öffnete er die Nüſtern, hob den Kopf und lief umher, als wollte er die Stelle, von welcher der Geruch herkäme, auswittern (Dupuytren)[2]). Es fragt ſich jedoch, ob nicht die riechende Subſtanz, welche nicht weiter genannt iſt, durch die Athmungswerkzeuge oder die Haut abdunſtete und ſo Geruchsempfindung erzeugte.

Schwankender erſcheinen die Einwirkungen des Galvanismus. Während manche Menſchen bei der Application der Elektroden an die riechenden Theile der Naſenſchleimhaut gar keine Perception auffinden konnten[3]), glaubten Andere ſogar nach Verſchiedenheit der Pole verſchiedene poſitive Reſultate erhalten zu haben (Ritter).

Die häufigſten Veranlaſſungen zu intenſiveren ſubjectiven Geruchsthätigkeiten bilden vorangegangene ſtarke objective Eindrücke und Krankheiten der nervöſen Theile. Sehr heftige, vorzüglich widrige Gerüche bleiben bisweilen Wochen lang in der Naſe und kehren oft ſcheinbar durch lebhafte Vorſtellungen des Unangenehmen wieder. Es tritt mithin hier durch die Kraft der Phantaſie eine Art von Geruchsgedächtniß hervor. Laien, welche die Anatomie beſuchen, machen manches Mal Erfahrungen der Art. Ein Mann, welcher ſich in der Nähe eines Kranken mit übel

---

[1]) a. a. O. S. 26.

[2]) Cloquet a. a. O. S. 237.

[3]) R. Wagner Lehrbuch der ſpeciellen Phyſiologie. Zweite Auflage. Leipzig, 1843. S. 355.

riechender Ausdünſtung befunden hatte, konnte die widerliche Empfindung 20 Tage lang nicht los werden[1]). Nervenkranke, Typhöſe u. dgl. glauben bisweilen einen Geruch wahrzunehmen, wenn auch keine objektive Veranlaſſung dazu vorhanden iſt. Wie wir in der Nervenphyſiologie ſehen werden, werden häufig Perſonen mit Entartung der Geruchsnerven, mit Geſchwülſten, welche auf dieſelben drücken, oder organiſchen Abweichungen in den entſprechenden Gehirntheilen, wenn nicht ihre Riechempfindung vollſtändig gelähmt iſt, von fortwährenden unangenehmen Gerüchen geplagt.

Schmecken.

1257 Während uns das Geruchsorgan über die der eingeathmeten Atmoſphäre beigemiſchten Stoffe durch eine eigenthümliche Sinnesempfindung belehrt, leiſten die Geſchmackswerkzeuge für tropfbar-flüſſige Subſtanzen, welche die Wandungen der Mund-Rachenhöhle berühren, ähnliche Dienſte. Jenes ſteht daher mit dem Athmen in analoger Beziehung, wie dieſe mit der Verdauung. Haben aber die ſenſiblen Eindrücke, welche die Naſenſchleimhaut treffen können, zu mancherlei Verwechſelungen mit wahren Gerüchen Veranlaſſung gegeben, ſo kehrt dieſelbe Klippe bei dem Geſchmacksapparate in noch höherem Maaße wieder. Jede genauere Betrachtung der Vorgänge des Schmeckens ſetzt voraus, daß ſolche Verwechſelungen von weſentlich verſchiedenen Eindrücken, von ſenſuellen und ſenſiblen Empfindungen, ſo ſehr als möglich vermieden werden, weil ſonſt eine gewiſſe Unklarheit der Anſichten die nothwendige Folge eines ſolchen Mangels ſchärferer Unterſcheidungen darſtellt.

1258 Objectiver Geſchmack. — Wie wir ſpäter ſehen werden, gehören die vorderen Theile der Zunge zu den empfindlichſten Taſtwerkzeugen unſeres Körpers. Der Grund dieſer Erſcheinung liegt in dem Reichthume an ſenſiblen Faſern, die von dem N. trigeminus ſtammen, der Menge von Taſtwärzchen, welche auf ihrer Oberfläche zerſtreut ſind, der Befeuchtung und dem in Verhältniß zur Epidermis zarten Epithelialüberzuge. Alle dieſe Momente combiniren ſich dergeſtalt, daß die Zunge vorn im höchſten Grade fein fühlt, ohne daß jedoch Schmerzensempfindungen auf eine in gleichem Verhältniß leichte Art hervorgerufen werden. Ihr Schleimüberzug, ſo wie ihr immer noch mehrfach geſchichtetes Epithelium bedingen wahrſcheinlich die Elimination dieſes möglichen Nachtheiles.

1259 Halten wir aber feſt, daß die ſchmeckbaren Stoffe zunächſt mit dem ſenſibelſten Taſtorgane in Berührung kommen, ſo müſſen wir zunächſt dieſe Empfindungen von den eigentlich ſenſuellen Geſchmackswahrnehmungen ſondern. Die ſogenannten kühlenden, brennenden, ſcharfen, zuſammenziehenden, ätzenden und ähnliche Geſchmacksarten bilden faſt reine Taſtperceptionen, oder werden wenigſtens zu einem ſehr großen Theile nach

[1]) Cloquet a. a. O. S. 235.

Eindrücken der Art beſtimmt. Umgekehrt gehören dafür das Süße und Bittere, welches keine weitere Nebenempfindung erzeugt, zu den bloßen ſenſuellen Auffaſſungen der Geſchmacksapparate. Sauer und geſalzen endlich bilden Mittelſtufen, welche eben ſo gut durch das Taſt- wie das Geſchmacksvermögen wahrgenommen werden können, d. h. Körper, die wir auf die eine oder die andere Weiſe empfinden, erregen in uns eigenthümliche ſenſuelle oder ſenſible Vorſtellungen, die wir leicht mit einander verwechſeln oder ſelbſt idenficiren.

Ein Kieſelſtein, ein unauflösliches Metall, welches in unſere Mundhöhle gebracht wird, hat, wie wir ſagen, einen kühlenden Geſchmack. Allein dieſe Ausdrucksweiſe rührt nur davon her, daß wir alle Wahrnehmungen unſerer Zunge als Geſchmackseindrücke aufzufaſſen gewohnt ſind. Denn bei genauerer Betrachtung ergiebt ſich, daß wir hier nur die Kälte eben ſo gut wie durch unſere äußere Haut wahrnehmen. Aehnliche Anwendungen erleiden die brennenden, ätzenden, zuſammenziehenden Empfindungen, vorzüglich wenn wir nicht die für das Taſtvermögen der Zunge ſo günſtigen Verhältniſſe aus den Augen laſſen. Selbſt die ſalzigen und ſauren Geſchmacksarten gehören, obgleich ſie ſchon gemiſchter Natur ſind, in dieſelbe Kategorie. Spüle ich mir z. B. den Mund ſorgfältig aus und lege auf die vordere Hälfte des Rückens der vorgeſtreckten Zunge ein Stückchen Kochſalz, ſo habe ich entweder gar keine oder höchſtens eine ſchwach kühlende oder brennende Empfindung, die ſchon leicht als ein beſonderer Geſchmack betrachtet werden kann. Bringe ich dagegen ein zweites Fragment deſſelben auf die Zungenwurzel, ſo erſcheint erſt die wahre ſpecifiſche Geſchmacksperception. Aehnliche Beobachtungen gelingen mit Weineſſig und noch beſſer mit Schwefeläther. Der letztere ruft, wenn er ſich in dem vorderen Theile der Mundhöhle befindet, ſeiner leichten Verdunſtung wegen das Gefühl von Kälte und eines ſchwächeren oder ſtärkeren Brennens hervor, während hinten noch außerdem die beſondere Geſchmacksempfindung der Flüſſigkeit hinzutritt. So wie man dagegen bei allen ſolchen Beobachtungen die Zunge zurückzieht, geben ſich die ſenſuellen Empfindungen auf der Stelle zu erkennen, weil hier ſogleich eine Berührung mit den ſpecifiſchen Geſchmacksſtellen ſehr leicht zu Stande kommt.

Dieſe Verhältniſſe und die minder ſcharfe Unterſcheidung von ſenſuellen Geſchmacks- und ſenſiblen Taſteindrücken führten frühere Forſcher zu der Anſicht, daß verſchiedene Subſtanzen, je nachdem ſie mit der einen oder der anderen Art von Zungenwärzchen in Contact kommen, auf abweichende Weiſe ſchmecken. Um die Reſultate, welche durch hierher gehörende Verſuche erhalten worden, verſtehen zu können, müſſen wir uns zunächſt erinnern, daß die Papillae vallatae faſt ausſchließlich der Zungenwurzel bis zur Gegend des Foramen coecum linguae zukommen, während die Papillae fungiformes und filiformes nicht bloß in der hinteren Parthie der Zunge vereinzelt, ſondern an der mittleren und vorderen Abtheilung des Zungenrückens ausſchließlich vorhanden ſind. Nun werden wir in der Folge ſehen, daß die Zungenwurzel und viele Stellen der Wandungen des Racheneinganges neben ſenſiblen Taſt- vor Allem die ſpecifiſchen ſenſuellen Geſchmacksempfindungen vermitteln. Berückſichtigen wir aber dieſes, ſo erklären ſich viele Beobachtungen, welche in der genannten Beziehung von Wilh. Horn [1]) und F.

---

[1]) W. Horn Ueber den Geschmackssinn des Menschen, ein Beitrag zur Physiologie desselben. Heidelberg, 1825. 8. S. 85—90.

Picht[1]) angeſtellt worden, von ſelbſt. Denn bei ihnen[2]) gehen in der Regel die Zungenwurzel und der weiche Gaumen parallel und geben die ſpecifiſchen Geſchmacksarten mit größter Intenſität und Deutlichkeit an, während die Angaben für die Papillae fungiformes und filiformes unbeſtimmter und ſchwankender lauten. Was das Letztere betrifft, ſo kann dieſes theils davon herrühren, daß Minima der geſchmeckten Subſtanzen vorzüglich bei den Papillae fungiformes auf ſenſuelle Zungentheile gelangten, theils auch dadurch bedingt werden, daß wir eben nicht definitiv beſtimmbare ſenſible Eindrücke mit bekannten Geſchmacksempfindungen zu paralleliſiren ſuchen. Als Belege hierfür mögen z. B. folgende Beiſpiele gelten:

Subſtanz.	Geſchmack derſelben auf				Beobachter.
	der Papillae			dem weichen Gaumen.	
	vallatae.	fungiformes.	filiformes.		
Schwefelſäure	Sehr bitter und anhaltend	Salzigſauer	Stark ſauer	—	Horn und Picht.
Salpeterſaueres Ammoniak	Bitter	—	Mechaniſch ſtechend	Bitterlich ſauer	Horn.
Desgl.	Bitter	—	—	—	Picht.
Salpeterſaueres Queckſilberoxydul	Bitterlich	Alkaliſch	Säuerlich	Bitterlich ſauer	Horn und Picht.
Eſſigſäure	Bitterſalzig	Säuerlich	Sauer	Bitterlich ſauer	Desgl.
Extractum Chinae	Bitter	Säuerlich	Sauer	—	Desgl.
Extractum Hyoscyami	Bitter	Süß	Süß	—	Desgl.
Ochſengalle	Bitterſüß	Bitterlichſüß	Süßlich	Bitterſüß	Desgl.

Wenn hierbei in der Regel die ſpecifiſche Geſchmacksempfindung am weichen Gaumen etwas ſchwächer wahrgenommen wurde, ſo kann dieſes in dem ſtärkeren Schleimüberzuge, vorzüglich aber darin ſeinen Grund haben, daß die genannten Forſcher die einzelnen Stellen deſſelben, von denen einige Geſchmacksempfindung beſitzen, andere derſelben ermangeln, ohne Unterſchied gebrauchten. Die einzigen Subſtanzen, welche auf allen Warzen ohne Unterſchied in gleicher Weiſe geſchmeckt wurden, waren ſehr ſüße, wie Zucker und Süßholz oder manche nicht deutlich ſenſuell beſtimmbare Körper, wie z. B. Campeſchholz, Rothholz, oder leicht verdunſtende und ſich verbreitende Verbindungen, wie Salzäther, Kampher u. dgl. Wir werden die Urſachen der allgemeinen Schmeckbarkeit der reinen Süßigkeiten in der Folge kennen lernen.

1260 Aus den eben erwähnten Verhältniſſen ergiebt ſich von ſelbſt, daß wir, um die einzelnen wahren Geſchmacksſtellen kennen zu lernen, nur ſolche Verbindungen wählen müſſen, welche eine möglichſt rein ſenſuelle Empfindung des Süßen oder Bittern veranlaſſen, die Taſtperceptionen dagegen wenig oder gar nicht in Anregung ſetzen oder ſie wenigſtens vor den ſpecifiſchen Geſchmackswahrnehmungen in den Hintergrund

[1]) F. Picht De gustus et olfactus nexu, praesertim argumentis pathologicis et experimentis illustrato. Berolini, 1829. 8. p. 32. 33.

[2]) d. h. denen von Horn; denn von Picht wurden die Verhältniſſe des weichen Gaumens nicht unterſucht.

treten laſſen. Hierzu eignen ſich z. B. Auflöſungen von Zucker, Süßholz, Alaun, Chinin, eine filtrirte Abkochung von Coloquinten u. dgl. Man läßt dann den Mund eines Menſchen ſo weit öffnen, daß man alle Theile der Mund-Rachenhöhle überſchauen kann und trägt einen Tropfen der Solution mittelſt eines Pinſels auf eine beſtimmte Stelle auf. Das Individuum muß dann ſogleich durch ein Zeichen mit der Hand angeben, ob es den Geſchmack des Süßen oder Bittern wahrnimmt, oder nicht. Nur hierdurch wird es möglich, daß man bei gehöriger Vorſicht jede mechaniſche Verbreitung der ſchmeckbaren Subſtanz vermeidet. Eine Perſon allein kann nie Verſuche der Art an ſich ſelbſt vor dem Spiegel mit hinreichender Sicherheit anſtellen.

Mannichfache Unterſuchungen, welche ich mit den genannten ſüßen und bitteren Subſtanzen zu verſchiedenen Zeiten an ungefähr 30 Studirenden, Theile, Gerber und mir, ſo wie einer Frau anſtellte, führten zu dem Reſultate, daß die Baſis der Zunge bis zur Gegend einer durch das blinde Loch derſelben gezogenen Horizontallinie, der hintere Gaumenbogen, die Verlängerungen beider Gaumenbögen bis zu dem Kehldeckel hinab, die Mandeln und der oberſte Theil des Schlundes, welcher der Zungenwurzel gegenüberliegt, bei allen geprüften Perſonen Geſchmacksempfindung darbot, während dieſe immer in der Haut des harten Gaumens, dem Zahnfleiſche, der inneren Fläche der Wangen und den Lippen mangelte. Schwankend dagegen geſtalteten ſich die Reſultate an der vorderen Hälfte des Rückens und der freien unteren Fläche der Zunge, dem weichen Gaumen und dem vordern Gaumenbogen. Während nämlich die vordere Parthie des Zungenrückens bei den meiſten Menſchen nicht ſchmeckt, der untere freie Theil der Zunge dagegen entweder überall oder wenigſtens an einzelnen Stellen deutliche Geſchmacksempfindungen vermittelt, fand ſich bei einem Individuum gerade das entgegengeſetzte Verhältniß. Unter 8 Perſonen hatten 2 vollkommene, 4 undeutliche und 2 gar keine Geſchmacksperception an der Vorderfläche des weichen Gaumens und des Zäpfchens. Die vorderen Gaumenbogen und die Hinterfläche der Uvula ſchmeckten bei 2 Menſchen ganz gut, bei 1 minder deutlich und bei 3 endlich ſehr ſchwach bis gar nicht. Wenn dem weichen Gaumen an ſeiner Vorderſeite ſenſuelle Kräfte zukommen, ſo dehnt ſich dieſes Vermögen in Einzelfällen etwas über die hinterſte Parthie der angrenzenden Stelle der Membran des harten Gaumens aus. Sind die Tonſillen früherhin durch Eiterung bedeutend zerſtört worden, ſo geht auch ihre ſenſuelle Thätigkeit größtentheils bis gänzlich verloren. Dieſe Ergebniſſe erklären uns aber, weshalb der Geſchmack bei vollſtändigem oder theilweiſem Mangel der Zunge fortdauerte [1]).

Vergleichen wir die eben genannten ſenſuellen Stellen der Mund- 1261
Rachenhöhle mit den übrigen ſenſiblen, ſo finden wir auch hier wieder einen hohen Grad von Zweckmäßigkeit der Einrichtung. Die Natur beſchützt zwar nicht das Individuum auf abſolute Weiſe vor ſchädlichen Ein-

[1]) Fälle der Art finden ſich bei Horn a. a. O. S. 12 — 17 zuſammengeſtellt.

wirkungen. Viele ſehr giftige Subſtanzen ſchmecken indifferent oder nicht ſehr widerlich, manche ſogar, wie Kirſchlorbeerwaſſer, ſehr angenehm. Allein ſie verſetzt den Menſchen in die Möglichkeit und gewiſſermaßen die Nothwendigkeit, die Speiſen, welche er genießt, ſicher und vollkommen zu ſchmecken. Der Vordertheil der Zunge, welcher die Alimente betaſtet und den Zähnen übergiebt, hat nur einen untergeordneten Grad von Geſchmack- und dafür den höchſten der Taſtempfindung. Die mechaniſche Sonderung herrſcht hier vor der qualitativen vor. Nur Subſtanzen, die von vorn herein flüſſig ſind oder ſich augenblicklich zum Theil im Speichel und Mundſchleime löſen, geben hier ſchon einen Eindruck. Für feſtere Körper, welche die letztere Eigenſchaft nicht beſitzen, konnte an dieſer Stelle ein feiner Geſchmacksſinn noch nichts nützen. Selbſt der Umſtand, daß bei den meiſten Menſchen die untere freie Fläche der Zunge ſchmeckt, der Rücken dagegen in ſeiner Vorderhälfte dieſe Eigenſchaft nicht beſitzt, hat ſeine beſtimmte Berechnung. Denn jener entſprechen die Mündungen der Ausführungsgänge der Unterkiefer und der Unterzungendrüſen, ſo daß hier immer Flüſſigkeiten augenblicklich zur Hand ſind, wenn ſich nicht ſchon ſolche in hinreichendem Maaße im Grunde der Mundhöhle angeſammelt haben. Der Zungenrücken dagegen functionirt eher als mechaniſches Werkzeug, um die halbfeſten Theile gegen den harten Gaumen zu drücken oder unter die Zähne ſchieben zu helfen.

Iſt aber der Biſſen durch die Zähne gekaut und hierbei mit Speichel und Mundſchleim durchtränkt worden, ſo daß dieſe Fluida ſchmeckbare Subſtanzen deſſelben aufgenommen haben, ſo gelangt er nicht nur auf den hinteren Theil der Zunge, ſondern wird durch den Isthmus faucium durchgepreßt. Die Natur hat daher in dieſer Gegend die geſchmackempfindenden Stellen vertheilt, um auf ſolche Art die ſenſuelle Perception für jeden Fall zu ſichern. Erinnern wir uns, daß die hinteren Gaumenbogen bei dem Schlingen nach innen vortreten und die Mandeln bloßgelegt werden, während die vorderen Gaumenbogen nach außen zurückzuweichen ſuchen (§. 173), ſo können wir es als keine bloße Zufälligkeit anſehen, daß dieſe letzteren nur bei einzelnen Menſchen, die beiden erſteren Gebilde dagegen immer mit Geſchmacksempfindung verſehen ſind. Aus den gleichen Verhältniſſen erklärt ſich, weshalb noch die ſenſuellen Eigenſchaften den Verlängerungen der Zungenwurzel und der Gaumenbogen nach dem Kehldeckel hinab und ſelbſt dem oberſten Theile der Hinterwand des Pharynx verliehen ſind. Die Natur läßt alſo die Nahrungsmittel zuerſt vorn ſchwach ſchmecken und ſehr genau betaſten und dann in der Mundhöhle vorbereiten, um ſie nicht nur der Zungenwurzel zuzuführen, ſondern auch durch den engen ſchmeckenden Ring des Isthmus faucium durchzupreſſen.

1262 Wie wir in der Nervenphyſiologie ſehen werden, vertheilen ſich die verſchiedenen Thätigkeiten dergeſtalt, daß die N. N. glossopharyngei die ſenſuellen Energieen des Geſchmackes vermitteln, während die N. N. trigemini die Taſtempfindlichkeit und die N. N. hypoglossi die Bewegungen der Zunge hervorrufen. Seinen Functionen entſprechend verbreitet ſich daher auch der Zungenſchlundkopfnerv in der Schleimhaut der Hinter- und

Seitenwand des oberſten Theiles des Schlundkopfes (der unmittelbaren Nachbarſchaft der Rachenmündungen der Euſtachiſchen Trompeten), den Gaumenbögen und deren Ausläufern, ſowohl gegen die Zungenwurzel als den Kehldeckel hin, an der Oberfläche der Mandeln, der drüſenreichen Haut zwiſchen dieſen, den Gaumenbögen und der Zungenwurzel, ſo wie endlich in der letzteren ſelbſt und ſendet einen feinen Endzweig, der zugleich mit dem R. lingualis N. trigemini den Plexus gustatorio sensorius bilden hilft, an die Unterfläche der Zunge bis zur Spitze derſelben hin [1]). Die Zungenwurzel, welche verhältnißmäßig die meiſten Zweige vom N. glossopharyngeus enthält, die zahlreichſten umwallten Warzen beſitzt und keinen übermäßigen Schleimüberzug hat, ſchmeckt daher auch am feinſten. Umgekehrt giebt der Lingualaſt des dreigetheilten Nerven als der empfindende Nerv der Zunge einen verhältnißmäßig ſehr großen Theil ſeiner Primitivfaſern an die Schleimhaut des mittleren und vorderen Theiles und der Spitze derſelben ab.

Gleich wie die elaſtiſch-flüſſigen Subſtanzen die Naſe vorzugsweiſe 1263
afficiren, ſo paßt der tropfbar-flüſſige Cohäſionszuſtand vor Allem für die Wahrnehmung des Geſchmacks. Unlösliche Körper, wie Kieſelſteine, Quarz u. dgl. ſchmecken nicht. Sie erregen höchſtens das Gefühl der Kälte oder der Schwere, mithin bloße ſenſible, aber keine ſenſuellen Empfindungen. Läßt man eine Quantität Schwefeläther, der in einem Kaffeelöffel enthalten iſt, bei geſchloſſenem Munde verdampfen, ſo ſpürt man im Anfange eine gewiſſe Kälte, dann ein ſchwaches Brennen und erſt nach langer Zeit, wenn wahrſcheinlich ein Theil des Aetherdunſtes von den Mundflüſſigkeiten aufgenommen worden, einen wahren Geſchmack, der jedoch bedeutend ſchwächer iſt, als wenn man nur ein paar Tropfen Liquor anodynus in Subſtanz genommen hat [2]). Um aber ſolche tropfbaren Flüſſigkeiten zu ſchmecken, bedarf es der bloßen Berührung mit ſenſuellen Stellen der Mundrachenhöhle. Die Richtung, in welcher ſie zuſtrömen, die Art, wie der Contact zu Stande kommt, iſt hierbei völlig gleichgültig. Iſt dagegen die Zunge trocken, mit einem ſtarken Ueberzuge verſehen oder mit einer abnormen Schleimdecke bekleidet, ſo geht auch das Geſchmacksvermögen, wie wir bei Katarrhen, gaſtriſchen, typhöſen und anderen Leiden finden, zu einem großen Theile bis faſt gänzlich verloren.

Nicht alle in Waſſer oder anderen Flüſſigkeiten löslichen Körper erre- 1264
gen auch zugleich Geſchmackswahrnehmungen. Es müſſen daher noch gewiſſe andere bis jetzt unbekannte Eigenſchaften hierzu wie zu den riechenden Dünſten gehören, um ſenſuell einzuwirken. So hat z. B. nicht bloß der ſehr ſchwer lösliche Gips faſt keinen Geſchmack, ſondern der Mangel ſenſueller Wahrnehmbarkeit kommt ſogar dem Brechweinſtein, der ſich leicht auflöſt und ſo bedeutend auf die Verdauungswerkzeuge einwirkt, zu. Die meiſten riechenden Subſtanzen afficiren zwar auch das Geſchmacksorgan.

---

[1]) S. Th. Soemmering Hirn- und Nervenlehre. Umgearbeitet von G. Valentin. Leipzig, 1841. 8. S. 475—79.

[2]) Vgl. auch C. Th. Tourtual die Sinne des Menſchen. Münſter, 1827. 8. S. 97.

Allein ſelbſt dieſe Verbindung iſt keine abſolut nothwendige. Denn manche duftenden Harze ſchmecken faſt gar nicht eigenthümlich, während gerade viele ſehr bittere Stoffe, wie z. B. Chinin, jedes bedeutenden Geruches entbehren.

1265 Dieſelbe Verſchiedenheit der individuellen Beurtheilung, welche wir ſchon bei dem Geruchsorgane angetroffen haben, kehrt auch bei den Geſchmackswerkzeugen wieder. Einzelne Perſonen lieben das Saure, andere nicht. Manche begehren nichts ſehnlicher als Fett, während es Vielen widerlich ſchmeckt u. dgl. mehr. Der Geruch einer genießbaren Speiſe übt in der Regel auf die Beurtheilung der Geſchmacksempfindung einen weſentlichen Einfluß aus. Uebelſchmeckende Speiſen, welche mit Minimis wohlriechender Subſtanzen durchduftet ſind, werden nicht ſelten ohne Beſchwerde verzehrt. Umgekehrt ſind uns viele gährende oder faulende Körper durch ihre widerliche Ausdünſtung verleidet. Allein auch hier überwinden die Noth, Sitte oder Gewohnheit die ſcheinbar urſprüngliche Norm, ſo daß z. B. Wildpret à haut gout, faulender Käſe u. dgl. geliebt werden. Hat eine Speiſe einen unangenehmen Geſchmack oder Geruch, ſo eliminiren wir auch dieſen Nachtheil, wenn wir ihr ſcharfe, die Zunge und den Gaumen heftig reizende Subſtanzen zuſetzen. Hierher gehören dann Ingredienzien, wie Senf, Pfeffer und die verſchiedenartigen Gewürze. Endlich kann auch noch die geiſtige Vorſtellung die Auffaſſung eines Geſchmackes weſentlich modificiren. Vielen Leuten kommen Schneckenſuppen, Krebſe, einzelne Fiſche, Froſchſchenkel u. dgl. nur deshalb widerlich vor, weil ihnen bei dem Genuſſe ſolcher Dinge abſtoßende Eigenſchaften der Thiere, von welchen ſie herrühren, ſogleich vorſchweben.

1266 Das Geſchmacksorgan zeichnet ſich noch dadurch aus, daß es einen gewiſſen Grad von Reizung und vorzüglich einen beſtimmten Wechſel nöthig hat. Rein mehligte oder ſchleimigte Sachen erſcheinen uns fad, weil ſie unſere ſenſuelle und ſenſible Thätigkeit ſehr wenig in Anſpruch nehmen. Umgekehrt werden uns ſehr ſcharfe Dinge für den Augenblick angenehm, während ſie uns für die Dauer oder in zu großen Doſen beläſtigen, weil ſie dann unſere Taſtempfindung zu wahrem Schmerze ſteigern. Läßt man einen Harnruhrkranken nichts als derbes Rindfleiſch, Beefſteak, Wildpret u. dgl. verzehren, ſo erhält er bald, wenn er auch die Speiſe im Anfange mit der größten Begierde genommen hat, den heftigſten Widerwillen dagegen. Nicht ſelten ereignet ſich der Fall, daß ſich Leute durch den anhaltenden übermäßigen Genuß von Thee, Kaffee u. dgl. überſättigen und ſpäter nicht mehr ſolche Abkochungen trinken oder ſelbſt riechen können, ohne Uebelkeiten zu empfinden. Der angenehme Geſchmack des Zuckers wird uns bei zu langer Dauer widerlich und ekelhaft, der des Syrups geradezu brechenerregend u. dgl. mehr. In ſolchen Fällen halten die ſenſiblen Nerven länger als die ſenſuellen aus. Säufer verſchmähen bald feinſchmeckende Weine und ſuchen nur den Alkoholgehalt der Getränke, welcher die Taſtenempfindlichkeit ihrer Geſchmacksorgane reizt und die allgemeine Nervenaufregung ihres Körpers befördert.

1267 Die Intenſität, mit welcher ein Körper geſchmeckt wird, richtet ſich

theils nach ſeiner Natur, theils nach den Nebenverhältniſſen und der Fähigkeit des auffaſſenden Individuums. Körper, wie z. B. aromatiſche Oele, brauchen auch nur in Minimo vorhanden zu ſein, um einen ſenſuellen Eindruck hervorzurufen. Kommt eine Subſtanz der Art nur vorübergehend mit den Geſchmackswerkzeugen in Berührung, ſo empfindet man ſie weniger genau und ſtark, als wenn der Contact länger dauert. Am meiſten aber wird die Wahrnehmung durch Reibung gegen die ſenſuellen Parthieen der Mund-Rachenhöhle erhöht. Zu dieſem Zwecke liegen offenbar die Zungenwurzel und die ſchmeckenden Parthien des Isthmus faucium einander gegenüber, damit die Auffaſſung durch die hier oft Statt findende Friction verſtärkt werde. Wir benutzen daher auch ſolche Mittel bei dem feinen Aufſchmecken, welches ſich gewiſſermaßen mit dem Schnüffeln vergleichen läßt, und eliminiren, ſo weit es angeht, jede Reibung, wenn wir eine uns unangenehme Subſtanz zu verſchlucken genöthigt ſind.

Das Geſchmacksorgan iſt derſelben hohen Vervollkommnung wie das 1268
Geruchsorgan fähig. Wie einzelne Menſchen Minima gebrannten Kaffees oder gerauchten Tabaks zu erkennen und nach den Sorten der enthaltenen Ingredienzien zu unterſcheiden im Stande ſind, ſo zeigen auch Wein- und Theeſchmecker rückſichtlich der Diſtinction bei dem Koſten eine faſt ans Unglaubliche grenzende Verfeinerung ihres Auffaſſungsvermögens. Oft leiten hierbei zugleich andere Sinneswahrnehmungen, vorzüglich die des Geſichtes und des Geruches. Der größte Gaſtronom verliert viel von ſeiner Virtuoſität, wenn man ihm die Augen verbindet und die Naſe zuhält.

Da die Geſchmacksempfindung darauf beruht, daß ſich die gekoſteten 1269
Gegenſtände mit den Mundflüſſigkeiten vermiſchen oder in ihnen auflöſen, ſo muß natürlich die Perception ſo lange währen, als jene imprägnirten Flüſſigkeiten an den ſenſuellen Stellen verweilen. Sie werden aber, um dieſen Vortheil möglichſt zu erhöhen, durch die Zähigkeit des Schleimes und die Unebenheiten der Theile länger zurückgehalten. Eine gewiſſe Zeitdauer des Geſchmackseindruckes iſt auf dieſe Weiſe durch die materielle Einrichtung der betreffenden Apparate ſelbſt gegeben. Wir behalten daher den ſüßen, bitteren, widerlichen Geſchmack ſo lange im Munde, als die wahrnehmbaren Subſtanzen die Schmeckwerkzeuge afficiren. Daſſelbe gilt auch von den ſauren, brennenden, ſtechenden Empfindungen, welche mehr die ſenſiblen Nerven zu ihrer Thätigkeit anregen. Haben wir z. B. eine angenehme Speiſe gegeſſen, ſo hüten wir uns ſogleich zu trinken, um nicht die ſchmeckbaren Fluida nach anderen nicht ſenſuellen Punkten unſeres Körpers überzuführen. Gutſchmecker ziehen deshalb den Durſt dem Verluſte der angenehmen Empfindung vor.

Bei gehöriger Größe der Einwirkung der Gegenſtände oder der Auf- 1270
merkſamkeit des Menſchen können zweierlei Geſchmacksarten, z. B. die des Sauern und Bittern zugleich wahrgenommen werden. Es läßt ſich auch in dieſer Beziehung ſogar ein gewiſſer Wettſtreit beider Zungenhälften oder ſelbſt verſchiedener Stellen des ſchmeckenden Organes nachweiſen. Die heftigere Empfindung unterdrückt auch hier, wie bei anderen Sinneswerk-

zeugen die minder intenſive. Haben wir z. B. eine ſchwach bitterliche Subſtanz genoſſen, ſo nehmen wir ein Stückchen Zucker in geringerem Grade, einen Tropfen Eſſig dagegen ſehr deutlich wahr. Allein auch dieſe Perception tritt, wenn der Gegenſtand ſehr bitter war, in hohem Maaße in den Hintergrund. Endlich zeigt ſich ſogar eine Art von Complementär-geſchmack, deſſen Urſachen jedoch vorläufig noch dahin geſtellt bleiben müſſen. Wenn man nämlich z. B. gerbeſtoffhaltige Pflanzen genießt, ſo verſchwindet bisweilen der zuſammenziehende Geſchmack, um einem ſchwach ſüßen Platz zu machen. Auf aromatiſche Dinge, wie Calmus, Baldrian, folgt häufig eine ſchwach ſäuerliche Empfindung; viele Weine, Liqueure und ähnliche Dinge bieten einen eigenthümlichen Nachgeſchmack dar. Es wäre möglich, daß dieſes auf einer Art von Ergänzungsthätigkeit der ſen-ſuellen Nerven beruht. Allein wahrſcheinlicher noch iſt die Annahme, daß die zugleich aufgelöſten fremden Stoffe, die nur in Minimalquantitäten vorhanden ſind, zuerſt durch die heftigere Sinnesempfindung unterdrückt und erſt nach dem Aufhören derſelben zur Anſchauung gebracht würden oder ſich ſelbſt in manchen Fällen, wo feſte Subſtanzen genoſſen werden, ſchwerer und ſpäter löſten.

1271 Die höheren Beziehungen, welche noch die Geruchswerkzeuge zu den geiſtigen Thätigkeiten und den Erſcheinungen der Geſchlechtsliebe darboten, fehlen den Geſchmackswerkzeugen. Der Gaſtronom iſt ein rein egoiſtiſches Subject, deſſen Begierden mit den Verhältniſſen keines anderen Weſens in Beziehung ſtehen. Der Geſchmack als das niederſte der eigenthümlichen ſenſuellen Werkzeuge berührt nur die Verdauung und Ernährung des Ein-zelnen und kann höchſtens auf dieſe Weiſe indirect durch Uebermaaß ge-noſſener Speiſen jede höhere geiſtige Regung, jede Lebendigkeit der Begier-den und der körperlichen Thätigkeiten unterdrücken. Der Geruch oder die bloße Erinnerung angenehmer Nahrungsmittel kann Zuſammenlaufen des Speichels im Munde und freudige lüſterne Gefühle, der widerlicher Ekel, Erbrechen, Durchfall u. dgl. veranlaſſen.

1272 Geſchmack und Geruch ſtehen natürlich ſchon wegen der gegenſeitigen Nähe und offenen Verbindung ihrer Apparate in einer ſehr innigen Be-ziehung zu einander. Sehr flüchtige Subſtanzen, wie z. B. Aether, aro-matiſche Tincturen, concentrirte Blauſäure, werden zugleich geſchmeckt, wenn man ſie nur mittelſt einer ſehr ſtarken Einathmung riecht. Spritzt man eine Auflöſung von Kochſalz, Glauberſalz, Wermuthextract u. dgl. in die Naſenhöhle, ſo daß Theilchen derſelben längs der Hinterfläche des harten Gaumens zu den ſenſuellen Parthieen des Isthmus faucium herab-laufen, ſo ſtellt ſich eine Geſchmacksempfindung ein, obgleich ſie bisweilen, wahrſcheinlich wegen der Minimalquantitäten und der Menge des überzie-henden Schleimes, etwas anders als im Munde ausfällt [1]). Perſonen mit krankhafter Schleimabſonderung an den Choanen oder dem weichen Gaumen empfinden häufig einen intenſiv üblen Geſchmack, wenn gerade ein Tropfen des Sekretes herabgeſunken iſt.

---

[1]) Tourtual a. a. O. S. 95. Bidder a. a. O. S. 27.

Nicht ſelten beſtimmt die Geruchsempfindung unſer Urtheil in höherem Grade als die Geſchmacksperception. Wir meiden viele Subſtanzen, wie z. B. Rhabarber, faſt nur ihres üblen Geruches wegen und nehmen Medicamente der Art viel leichter, wenn wir uns die Naſe zuhalten oder ſelbſt durch Schließung der Augen jede ſtörende Erinnerung zu vermeiden ſuchen. Riecht eine Subſtanz ſehr intenſiv und ſchmeckt weniger, ſo ſcheint die ſchwächere Wahrnehmung etwas ſpäter einzutreten. 1273

Wie ſich von ſelbſt verſteht, ſind nichts deſto weniger beiderlei Sinneswerkzeuge ſtreng von einander geſchieden. Individuen, welche das Geruchsvermögen verloren haben, können nicht nur deutliche, ſondern ſogar ſehr feine Geſchmacksempfindungen beſitzen [1]).

Subjective Geſchmacksempfindungen. — Es läßt ſich der Analogie nach mit Recht annehmen, daß ſubjective Geſchmacksperceptionen durch die bloße Energie der entſprechenden Nerven zu Stande kommen. Hierher ſind vielleicht viele Fälle zu rechnen, in welchen bei Krankheiten des Nervenſyſtemes anhaltende eigenthümliche Geſchmackswahrnehmungen auftreten. Allein jedes poſitive Urtheil wird dadurch erſchwert oder ſelbſt unmöglich gemacht, daß eben ſo leicht die Mundflüſſigkeiten ſelbſt ſchmeckbare Subſtanzen aufnehmen und auf dieſe Art ſubjectiv-objective Empfindungen veranlaſſen können. 1274

Drücke ich den unteren Theil der Zunge mit beiden Fingern ſo ſtark zuſammen, daß eine nicht unbedeutende Schmerzensempfindung entſteht, ſo zeigt ſich bald ein ſchwach alkaliſcher und nach dem Aufhören des Druckes ein ſtärkerer, ſcheinbar complimentärer ſaurer Geſchmack. Streicht ein feiner kalter und vorzüglich trockner Luftſtrom längs der Zunge nach dem Isthmus faucium hin, ſo entſteht bei Menſchen mit feinen Geſchmackswerkzeugen eine entſprechende ſenſible Empfindung der Kühlung, welche leicht mit dem Geſchmacke des Salpeters oder eines ähnlichen Salzes verglichen wird.

Die Empfindungen, welche die Einleitung der Elektroden einer galvaniſchen Säule in die Mundhöhle veranlaßt, ſind unzweifelhaft objective. Denn da eine chemiſche Zerſetzung der Mundflüſſigkeiten die unmittelbare Folge des Verſuches bildet, ſo hängt es nur von der Empfänglichkeit der Apparate ab, welche Minimalveränderungen der Art geſchmeckt werden. Es läßt ſich daher nicht entſcheiden, was für Reactionen der bloßen Einwirkung des galvaniſchen Stromes auf die Nerven folgen.

Daſſelbe gilt von vielen krankhaften Geſchmacksperceptionen. Ein Magenkranker, ein Gelbſüchtiger, ein Menſch, der ſich heftig geärgert hat, wird von einem ſtarken bittern Geſchmacke gequält. Allein ſein Speichel ſchmeckt auch, wenn ſein Leiden bedeutender iſt, jedem Andern bitter. Eben ſo müſſen ſchmeckbare Stoffe der Ernährungsflüſſigkeit von dem Geſchmacksorgane wahrgenommen werden. Hunde, welchen Milch ins Blut eingeſpritzt worden, lecken als wenn ſich eine ſolche Flüſſigkeit in ihrem Munde befände (Dupuytren [2]), Magendie). Die Erfahrung, daß Bruſtkranke

---

[1]) Picht a. a. O. p. 26—29.

[2]) Cloquet a. a. O. S. 237.

oder ſelbſt ſolche, welche Neigung dazu haben, bei heftigem Huſten, ohne daß ſie Blut ſpucken, einen ſüßen Geſchmack im Munde wahrnehmen, gehört wahrſcheinlich auch in die Kategorie ſolcher ſubjectiv = objectiven Wahrnehmungen.

Taſtſinn.

1275 Objectives Taſten. — Die mannichfachen Thätigkeiten des Taſtſinnes ſetzen keineswegs die Exiſtenz beſonderer ſenſueller Nerven voraus, ſondern jede ſchmerzensempfindende oder ſenſible Primitivfaſer kann auch, wenn nicht andere ſpäter zu betrachtende Verhältniſſe hindernd eingreifen, Taſtperceptionen vermitteln. Der Unterſchied zwiſchen ihnen und dem wahren Schmerze wird nur durch den Grad der Einwirkung des reizenden Gegenſtandes und die Schutztheile des wirkenden Nerven beſtimmt. Was die letzteren betrifft, ſo müſſen die Primitivfaſern nicht bloß durch die ſie umgebende weiche und nachgiebige Subſtanz, ſondern überdies durch eine Reihe von Hornſchichten, wie wir ſie an der Epidermis und den Epithelien haben, bedeckt ſein, wenn nicht jeder Eindruck ſchmerzhaft werden und dieſe Affection alle zartere Empfindung unterdrücken ſoll. Aus dieſem Grunde bilden freie Hautoberflächen die faſt ausſchließlichen Werkzeuge der Taſtorgane. Werden die Hornſchichten, wie wir dieſes an der Nagelfläche am deutlichſten ſehen, zu dick, ſo heben ſie durch ihren Widerſtand die feineren Eindrücke auf. Erſt ſolche, welche ſchmerzen, bewirken dann eine entſprechende Empfindung, die durch den Druck der harten Theile ſelbſt noch weſentlich geſteigert wird.

1276 Die Belehrungen, welche wir durch den Taſtſinn erhalten können, ſind ſehr mannichfaltig und, wie es auf den erſten Blick ſcheint, qualitativ bei weitem verſchiedener als die Eindrücke anderer Sinnesapparate. Wir haben nämlich hier zweierlei Arten von Wirkungen: 1) ſolche, die an allen taſtenden Oberflächen wiederkehren oder allgemeine, und 2) ſolche, die nur an beſtimmten Hautſtellen erſcheinen oder locale. Zu der erſteren Klaſſe gehören die Beſtimmungen des mechaniſchen Widerſtandes, der Temperatur und des chemiſchen Umſatzes, zu den letzteren die Perception der ſcheinbaren Geſchmacksempfindungen, des Stumpfſeins, des Hungers, des Durſtes, des Kitzels und der Wolluſt.

1277 Der mechaniſche Widerſtand kommt dadurch zur Auffaſſung, daß die die ſenſibeln Nerven beſchützenden Theile unmittelbar und daher die empfindenden Primitivfaſern ſelbſt mittelbar in einer beſtimmten einſeitigen Richtung gedrückt werden. Wir urtheilen auf dieſe Weiſe über die Cohäſion und die Oberflächenbeſchaffenheit der Körper. Da aber die meiſten Hautſtellen, wenigſtens diejenigen, welche mit einem irgend feineren Gefühlsſinn begabt ſind, frei bewegliche Theile überziehen, ſo iſt uns auf dieſe Art das Mittel in die Hand gegeben, einen zu befühlenden Gegenſtand mit unſeren Taſtwerkzeugen zu durchlaufen und ſo nach Maaßgabe der Größe der hierzu nothwendigen Muskelthätigkeit den Abſtand zweier

oder mehrerer Punkte oder die Ausdehnung eines befühlten Objectes zu ſchätzen. Daſſelbe Reſultat kann auch dadurch erlangt werden, daß mehrere Stellen des Gegenſtandes verſchiedene abſtehende Theile unſerer Haut berühren und auf dieſe Weiſe ein Maaß der Abſtände gegeben wird, oder daß man einen Körper an einer einzelnen ſenſibeln Hautſtelle hinführt und nun aus der Zeit des ſucceſſiven und des geſammten Contactes ein Beſtimmungsurtheil zu gewinnen ſucht. Das Taſtvermögen wird alſo durch alle dieſe Verhältniſſe mit den Eigenſchaften eines räumlichen Größenſinnes verſehen.

Ruht ein Körper auf unſerer Haut, ſo wird natürlich der Druck, 1278
welchen derſelbe in Verhältniß zur Flächenausdehnung ſeiner Baſis ausübt, mit ſeinem Gewichte zu- oder abnehmen. Dazu kommt noch, daß zugleich nicht der Grad der Muskelzuſammenziehung, welcher dann für das Contrebalancement der Laſt nothwendig iſt, dem Bewußtſein entgehen kann. Beide Momente zuſammen geben uns Mittel an die Hand, um die abſolute Schwere einer auf einer Stelle unſeres Körpers ruhenden Maſſe zu ſchätzen oder die Gewichte zweier Subſtanzen, welche ſich in ähnlichen Verhältniſſen befinden, vergleichend zu beſtimmen. Die Taſtempfindung kann daher auch bis zu einem gewiſſen Grade als Gewichtsſinn dienen.

Während aber die eben geſchilderten mechaniſchen Einwirkungen die 1279
Theilchen nur in einer einſeitigen Richtung zu verſchieben ſuchen, üben die Veränderungen der **Temperatur** einen allſeitigeren Einfluß aus. Jedes Molecul ſucht ſich, wenn höhere Wärmegrade auf daſſelbe einwirken, nach allen Directionen hin auszudehnen, durch die Kälte dagegen in entgegengeſetzter Weiſe zuſammenzuziehen. Sowohl die Richtung der Wirkung als ſelbſt die Veränderungen der Molecularbeſchaffenheit greifen hier tiefer als bei den Effecten des mechaniſchen Widerſtandes durch. Nach dieſer Hypotheſe erklärt ſich wenigſtens die Möglichkeit, wie dieſelben ſenſiblen Faſern, welche die mechaniſchen Taſtverhältniſſe wiedergeben, die Abweichungen der Temperatur durch andere verſchiedenartige Empfindungen anzuzeigen im Stande ſind. Beiderlei Perceptionen aber bilden nur differente Arten einer Gattung. Hierdurch fällt ſogar der Unterſchied von den analogen Reactionen der ſenſuellen Nerven zum großen Theile hinweg. Denn auch hier exiſtiren rückſichtlich der Erſcheinungen des farbloſen oder farbigen Lichtes, der Beſchaffenheit und Höhe der Töne u. ſ. f. untergeordnete Abweichungen, welche zum Theil durch die Eigenthümlichkeit der wirkenden Urſachen beſtimmt werden.

Eine andere Affection der ſenſiblen Nerven entſteht durch **chemiſche** 1280
Eingriffe. Erinnern wir uns, daß der Nerveninhalt eine ſehr leicht zerſetzbare Subſtanz iſt und ſchon durch den bloßen Einfluß kalten Waſſers gerinnt, ſo muß er die leiſeſten Veränderungen ſeiner Maſſe, welche durch äußere oder innere Eingriffe zu Stande kommen, ſehr genau beantworten. Wir haben auch ſchon bei der Betrachtung der Geſchmacksorgane geſehen, wie die Zunge mit ihren zahlreichen, verhältnißmäßig leicht zugänglichen Taſtnerven viele Subſtanzen auf eigenthümliche Weiſe empfindet, ſo daß hierdurch leicht Verwechſelungen mit wahren Geſchmacksperceptionen ent-

ſtehen. Genießen wir z. B. ſaure oder adſtringirende Früchte und zerdrücken ſie zwiſchen der Zungenſpitze und dem harten Gaumen, ſo empfinden wir an der Schleimhaut des letzteren das Zuſammenziehende, wenn es beſonders längere Zeit eingewirkt hat, ſehr deutlich. Die geringſte Menge nicht bloß flüſſiger, ſondern auch ſogar dunſtförmiger Schwefel-, Salz-, Eſſigſäure u. dgl., welche in die Mundhöhle gelangt, macht die Zähne ſtumpf, indem dieſe Subſtanzen wahrſcheinlicher Weiſe den Schmelz und die ächte Zahnſubſtanz, ſo wie das Zahnſäckchen durchdringen und auf ſolche Art die zahlreichen Nervenfaſern des letzteren, wenn auch nur mit ihren Minimalmengen afficiren.

Bedeutendere chemiſche Einwirkungen erzeugen eben ſo heftige Moleculารveränderungen, wie ſtärkere Temperatureingriffe. Es entſtehen in beiden Fällen Empfindungen, die wir im Allgemeinen weniger genau unterſcheiden und mit dem gemeinſchaftlichen Namen des Brennens bezeichnen, während wir umgekehrt andere mehr einſeitige Einwirkungen, wie z. B. die eines durchſetzenden elektriſchen Stromes mit dem Ausdrucke des Stechens belegen. Daſſelbe gilt dann auch von ſtärkeren mechaniſchen Eingriffen, wie z. B. der Durchſchneidung von ſenſiblen Nerven. Wenn bedeutende Nervenſtämme bei einer größeren Operation, z. B. einer Amputation, durchſchnitten werden, ſo haben die Kranken ihren Angaben nach ähnliche Empfindungen, als ob die entſprechenden Theile von glühenden Kohlen verbrannt würden. Die Specialunterſchiede ſchwinden daher bei einer gewiſſen Größe der Einwirkung und der durch ſie bedingten Reaction.

1281 Während ſich aber die Verſchiedenheiten der bisher erwähnten Empfindungen allgemeinerer Art wenigſtens größtentheils auf ein gewiſſes Grundprincip zurückführen laſſen, iſt dieſes bei den Localeffecten einzelner ſenſibler Nerven nicht der Fall. Schon die feinen Nuancen der chemiſchen Taſtwahrnehmungen der Zunge, des Gaumens, der Zähne u. dgl. bleiben ihren urſächlichen Momenten nach unerklärbar. Wir können höchſtens als generellen Grund dieſer genaueren Unterſcheidungen den freieren Zugang zu den Nerven der Mundhöhle betrachten. Allein noch dunkler erſcheinen die Verhältniſſe der übrigen örtlichen Taſtwahrnehmungen. Wir wiſſen noch gar nicht, welche Nerven das Durſtgefühl im Schlunde vermitteln. Mag dieſes aber durch die N. N. glossopharyngei oder die N. N. vagi oder ſelbſt die N. N. sympathici geſchehen, ſo liegt nicht die Urſache dieſer ſpeciellen Empfindung, wie ſich faſt mit Gewißheit annehmen läßt, in den genannten peripheriſchen Nerven ſelbſt, ſondern in den ihnen entſprechenden Theilen des centralen Nervenſyſtemes. Daß daſſelbe auch für die N. N. vagi, inſofern ſie den Hunger bedingen, und die Wolluſtnerven der Geſchlechtstheile ſeine Gültigkeit habe, werden wir in der Nervenphyſiologie durch directe Verſuche kennen lernen. Hier müſſen alſo eigenthümliche noch unbekannte Organiſationsverhältniſſe im Gehirn, welche den Durſt, den Hunger und die Sättigung nach den adäquaten Reizen veranlaſſen und die Wolluſt nach entſprechenden Reibungsirritamenten bedingen, hinzukommen.

Aehnliche Nebenmomente der entſprechenden nervöſen Gebilde vermit- 1282
teln auch wahrſcheinlicher Weiſe, wie wir ſpäter genauer kennen lernen, die Unempfindlichkeit der meiſten inneren Häute gegen mäßige Gefühlsreize. Während nämlich das Taſtvermögen keinem Punkte der äußeren Haut mangelt, zeigt es ſich an den inneren Membranen unſeres Körpers nur dann, wenn ſie noch der Außenfläche deſſelben nahe liegen, ſonſt dagegen nicht. Wir fühlen nicht die Speiſen, welche an der Oberfläche der Schleimhaut des Magens und der Gedärme dahingehen oder die Galle, die durch unſeren Gallengang, den Urin, der durch unſeren Harnleiter, den Samen, welcher durch unſer Vas deferens herabläuft. Allein ſelbſt die anderen inneren Häute, deren Taſteindrücke zu unſerem Bewußtſein gelangen, zeigen uns je nach ihrer Localität verſchiedene Wirkungen, welche auf eine den übrigen Verhältniſſen entſprechende Weiſe genau berechnet ſind. Jeder Körper, der die zarte Bindehaut berührt, erregt Schmerz und heftige Bewegungsreaction. Durch ſolche Mittel wird dann das verſchließbare Auge, deſſen Anſchauungen durch aufgeflogenen Staub und ähnliche fremde Körper geſtört würden, geſchützt. Der äußere Gehörgang dagegen, welcher offen daliegt, entbehrt auch einer ſolchen Feinheit der Empfindung und einer ihr entſprechenden Stärke der Gegenwirkung. Unſere Zunge taſtet mit der größten Schärfe. Der Contact gewöhnlicher Subſtanzen mit anderen Theilen der Mund-Rachenſchleimhaut ruft noch reine, wenn auch ſtumpfere Taſtempfindungen hervor, während er meiſtentheils in der Naſe durch Nieſen, in der Harnröhre geradezu durch Schmerz beantwortet wird.

Die gleiche Berechnung kehrt an den inneren Häuten wieder. Wie wir z. B. den Schleim unſerer Naſe nicht riechen, unſeren normalen Speichel nicht ſchmecken, ſo erodirt unſer Urin nicht die Innenfläche unſeres Harnleiters, obgleich hier keine weiteren ſchützenden Materien, wie Schleim, Smegma u. dgl. angebracht ſind. Viele alkoholiſche Getränke, manche ſcharfe Speiſen, die Umſetzungsprodukte der Galle, die Excremente, der Urin ätzen unſere äußere Haut, ſobald ſie mit ihr für längere Zeit in Berührung kommen, bringen dagegen an den inneren Behältern, in welchen ſie verweilen müſſen, weder chemiſche Zerſtörungen, noch daraus reſultirende ſchmerzhafte Gefühle hervor. Die Nervenvertheilung der verſchiedenartigen Gebilde unſeres Körpers und deren poſitive oder negative Leitungen zum Bewußtſein harmoniren daher auf das Pünktlichſte mit den übrigen Verhältniſſen unſerer Organiſation.

Je reicher eine Parthie an ſenſiblen Nerven iſt und je zugänglicher 1283
dieſe den einwirkenden Reizen erſcheinen, um ſo leichter ſteigert ſich auch die bloße Taſtperception zu wahrer Schmerzensempfindung. Wir ſehen dies z. B., wenn wir die Bindehaut des Auges mit der Urethra vergleichen. Ein Stäubchen, welches die letztere noch nicht afficirt, bedingt an jener die heftigſten Reactionen. Unter dieſen Verhältniſſen aber kann nicht bloß die Menge von Nervenprimitivfaſern, welche ſich zu irgend einem Organe begeben, über die Taſtthätigkeit derſelben allein entſcheiden, ſondern es müſſen auch in dieſer Beziehung die Schutzapparate eine weſentliche Rolle

ſpielen. Alle ſenſiblen Faſern ſind nicht nur in der von Ernährungsflüſſigkeit durchtränkten und daher nachgiebigen faſerigen Grundſubſtanz ihrer Häute eingehüllt, ſondern beſitzen noch eine Hülle von Epithelialzellen, die, wie wir wiſſen, mit zunehmender Ausbildung immer mehr verhornen. Die Hornſubſtanz aber widerſteht nicht minder gut mechaniſchen als chemiſchen und überdies noch, wenn ſie trocken iſt, elektriſchen Eingriffen. Die Oberhaut und die mannichfachen Epithelien ſtellen daher verſchiedenartige Verbeſſerungs- und Abhaltungsvorrichtungen dar. Sie dämpfen die äußere Einwirkung bis zu einem gewiſſen Grade und bilden deshalb eine Art von Vorbereitungswerkzeugen für den Taſtſinn. Dieſem entſprechend ſind auch immer die am meiſten verhornten Schichten nach außen, die jüngeren mehr eiweißartigen nach innen und den ſenſiblen Nervenenden näher angebracht.

1284 Schon an der äußeren Haut ſtumpft ſich das Gefühl mit Zunahme der Zahl der Lagen und der Vergrößerung des Verhornungsproceſſes der Epidermidalzellen ab. Die feinfühlenden Finger haben eine weit zartere Oberhaut als der Fußballen, welcher ſo oft den Druck der Körperlaſt gegen den Fußboden auszuhalten hat. Wenn ein Menſch ſeine Hand durch rohe Handarbeit ſchwielig gemacht hat, ſo geht hierdurch auch ein großer Theil der Feinheit ſeines Taſtvermögens verloren. Die ſtärkere Entwickelung der Hornſubſtanz vereitelt die ungetheilte Fortpflanzung des mechaniſchen Widerſtandes, der bei den genannten Beſchäftigungen in höherem Maaße auftritt und ſonſt Schmerzen erzeugen würde. Umgekehrt taſtet ein Frauenzimmer, welches ſich nur mit Nähen beſchäftigt und ihre Haut gehörig pflegt, feiner, könnte aber z. B. nicht einen Stift mit den Fingern in eine irgend harte Subſtanz ohne bedeutende Schmerzen eindrücken (§. 41). Dieſen Verhältniſſen entſprechend hat auch nicht überall die Epidermis eine der Stärke der Lederhaut entſprechende Dicke[1]). Wenn die oberflächlichen Oberhautſchichten oder alle Lagen der Epidermis aus irgend einem Grunde entfernt ſind, ſo wird dadurch das gewöhnliche Taſten ſchmerzhaft.

1285 Die gegenſeitige Verbindung der Elemente der Epidermis ſcheint für die Localiſation der Empfindungen von Bedeutung zu ſein. Wir wiſſen, daß die jüngeren Oberhautzellen inniger an einander haften und daher leichter die Form von Häuten darſtellen, während ſich die älteren mehr von einander trennen und endlich in faſt mikroſkopiſchen Anhäufungen oder ſelbſt vereinzelt losſtoßen. Es wird deshalb auch die Epidermis nach manchen Hautkrankheiten in mehr zuſammenhängenden Fragmenten entfernt (§. 517). Wir können uns unter dieſen Verhältniſſen hypothetiſch vorſtellen, daß z. B. der Druck, welchen eine auf die Haut aufgeſetzte Nadelſpitze bedingt, wegen der lockeren Verbindungen und theilweiſen Unterbrechungen der einzelnen oberflächlichſten Epidermidalzellen nur unvollkommen in peripheriſcher Richtung fortgepflanzt wird, ſeine Kraft aber,

---

[1]) Vgl. Krauſe in R. Wagner's Handwörterbuch der Phyſiologie. Bd. II. Braunſchweig, 1844. S. 117.

wenn er zu den continuirlich vereinigten Epidermidallagen gelangt, ſchon zu ſehr gebrochen iſt, um eine größere ſtörende Kreisausdehnung zu gewinnen. Auf ſolche Weiſe kann dann der Punkt ſeiner Berührung ſpecieller beſtimmt werden.

Die Epithelien ſind im Allgemeinen weniger verhornt als die Epi- 1286
dermis. Sie ſchützen daher in geringerem Maaße und bedingen, wenn ſie an Theilen mit bewußten Empfindungen angebracht ſind, entweder feinere Taſt- oder leichtere und intenſivere Schmerzensperceptionen. Dieſe ihre Wirkungen werden aber wiederum meiſtentheils durch die Zahl ihrer Zellenlagen und die Stärke ihres Verhornungsproceſſes beſtimmt. Deshalb beſitzt die Bindehaut einen ſo feinen Epithelial-, die Schleimmembran des äußeren Gehörganges dagegen einen ſtarken Epidermidalüberzug. Die Zunge hat aus demſelben Grunde eine ſtarke Schichtung von Pflaſterepithelien, welche in der Mitte und der vorderen Abtheilung ihres Rückens bedeutender als an der Wurzel und an dieſer abermals ſtärker als an ihrer Grundfläche iſt. Daß auch eine Schleimdecke wenigſtens zum Theil als Schutzapparat dienen könne, verſteht ſich von ſelbſt.

Eine ebene Oberfläche muß ſich weniger für die Auffaſſung der feine- 1287
ren Widerſtandsverhältniſſe der äußeren Körper als eine hügelige eignen. Die letztere kann mechaniſche Einwirkungen leichter und vielſeitiger auffaſſen und chemiſche Subſtanzen ſicherer auf ſich zurückhalten. Aus dieſer Urſache bilden auch die meiſten Schleimhäute mikroſkopiſche Hügelchen und viele von ihnen überdies noch Falten und ähnliche Ungleichheiten ihrer Ausbreitung, die ſich ſchon mit dem freien Auge wahrnehmen laſſen. Wo dagegen das Taſtvermögen ausgebildeter wird, treten eigenthümliche zu dieſem Zwecke beſonders organiſirte Erhöhungen, die ſogenannten Taſtwärzchen, hervor. Obwohl auch in den zwiſchen ihnen befindlichen Vertiefungen Nervenſchlingen verlaufen, ſo empfangen ſie doch einen ſehr großen Theil der Nervenprimitivfaſern und der Capillaren, welche ſich in dem fühlenden Apparate verbreiten Schon die Naſenſchleimhaut hat zahlreiche Hügelchen an ihrer Oberfläche; an dem Geſchmacksorgane und beſonders an der Zunge treten die zu beſtimmten Zwecken ſo verſchieden geſtalteten Papillae vallatae, fungiformes und filiformes hervor. In gleicher Weiſe haben auch feine fühlende Theile der Haut, wie z. B. die Hand- und Fußfläche, die Finger- und die Zehenſpitzen zahlreiche nach regulären Linien geſtellte und mit dazwiſchen liegenden Furchen verſehene Erhabenheiten, welche gleichſam als entgegenkommende Widerſtandsapparate betrachtet werden können.

Das einfachſte Urtheil, welches wir durch den Taſtſinn gewinnen, 1288
betrifft die Cohäſion der Körper. Da dieſe, je feſter ſie ſind, dem Drucke unſerer Hand einen um ſo größeren Gegendruck entgegenſtellen, ſo ſchätzen wir dann nach Maßgabe dieſer Einwirkung die Härte, die dichte oder flüſſige Beſchaffenheit der Subſtanz, mit welcher wir in Conflict kommen. Hierbei liegt jedoch der Zuſtand unſerer eigenen Haut der Beſtimmung zum Grunde, ſo daß dieſes Moment nicht unbedeutende Irrungen veranlaſſen kann. Haben wir z. B. die Epidermis unſeres Fingers,

den wir lange Zeit in Waſſer hielten, intenſiver durchfeuchtet, ſo wird die Empfindung des Widerſtandes größer und leicht ſchmerzhaft. Eine ſehr kalte Flüſſigkeit kommt uns bisweilen härter als eine warme vor u. dgl. mehr.

1289 Die Unebenheiten der Oberfläche laſſen ſich durch die verſchiedenartigen Taſteindrücke, welche auf benachbarten Hautſtellen oder auf einer und derſelben bei dem ſucceſſiven Dahingleiten längs der Ausdehnung des befühlten Körpers zu Stande kommen, beſtimmen. Eine delicatere Haut wird daher auch eine Maſſe rauher finden und feinere Nuancen der Art zu beſtimmen im Stande ſein, als eine ſolche, welche mit einem ſchwieligen Oberhautüberzuge bekleidet iſt. Derſelbe Unterſchied kehrt zwiſchen Hautſtellen, welche feiner taſten, und ſolchen, die ein dumpferes Gefühlsvermögen beſitzen, wieder.

1290 Ein Hauptbeſtimmungsmittel der ſenſuellen Empfindlichkeit einer Hautſtelle bildet die Unterſcheidung zweier nahe gelegener Punkte von einander. Beſitzt ſie nämlich ein genaueres Taſtvermögen, ſo wird ſie auch zwei Stellen, die weniger von einander abſtehen, discret wahrnehmen, in dem entgegengeſetzten Falle dagegen als einen einfachen Eindruck auffaſſen. Wir haben mithin hier daſſelbe Verhalten, wie bei der Größe des Geſichtswinkels bei dem Sehen und der Unterſcheidung der Zahl der Schwingungen bei dem Auffaſſen der Höhe und Tiefe der Töne. Um genauere Beobachtungen der Art anzuſtellen, dient am zweckmäßigſten eine von E. H. Weber[1]) zuerſt angegebene Methode. Man bewaffnet die beiden Spitzen eines Cirkels, um Schmerzenseindrücke und die dadurch bedingten Störungen zu vermeiden, mit Korkſtückchen und ſucht nun mit verbundenen oder ſelbſt offenen Augen zu ermitteln, bei welcher Minimaldiſtanz ein einfacher Eindruck zu Stande kommt oder nicht. Hierbei findet ſich zunächſt, daß nicht bloß die verſchiedenen Hautſtellen mehr oder minder beſtändige Abweichungsverhältniſſe darbieten, ſondern daß auch die Richtung einen weſentlichen Einfluß ausübt. Wenn nämlich die beiden gedeckten Spitzen in longitudinaler Direction oder, richtiger geſagt, auf eine der Längenachſe des Körpers oder eines Gliedes entſprechende Weiſe oder dem Hauptverlaufe der größeren und mittleren Nervenſtämme correſpondirend angebracht ſind, ſo iſt das Gefühl bisweilen minder ſcharf, als wenn die beide Punkte verbindende Linie transverſal verläuft. Oft dagegen fällt auch dieſer Unterſchied hinweg, ſo daß es ganz gleichgültig iſt, wie die Spitzen ſtehen. Eben ſo differiren bisweilen in dieſer Beziehung die rechte und linke Seitenhälfte des Körpers eines und deſſelben Menſchen, ſo daß ſich bloße Mittelbeſtimmungen angeben laſſen, ſobald man allgemeinere überſichtliche Werthe zu liefern beabſichtigt.

Verkleinert man die Entfernung, in welcher zwei Punkte als ſolche unterſchieden werden, ſo erhält man nicht plötzlich einen Eindruck einfach-

[1]) Siehe deſſen für den Taſtſinn überhaupt ſo lehrreiche Abhandlung De subtilitate tactus diversa in diversis partibus sensui huic dicatis in deſſen Schrift: De pulsu, resorptione, audita et tactu. Annotationes anatomicae et physiologicae. Lipsiae, 1834. 4. p. 44 — 175.

ſter Art, ſondern hat im Anfange noch ein gewiſſes dunkles Gefühl des Abſtandes. Es kommt uns vor, als wenn unſere Haut von einem einzigen größeren ovalen oder elliptiſchen Körper afficirt würde.

Wie man leicht ſieht, bildet die Minimaldiſtanz, in welcher zwei ver- 1291
ſchiedene Orte geſondert aufgefaßt werden, ein relatives Maaß der Taſtempfindlichkeit, ſofern dieſe nicht durch außerordentliche oder krankhafte Nebenbedingungen verändert worden. Vergleicht man dieſelben Hautſtellen bei verſchiedenen Perſonen unter einander, ſo wird man finden, daß die geringſten nothwendigen Abſtände oft um das Vierfache und ſelbſt noch mehr an einzelnen, beſonders nicht ſehr feinfühlenden Partheien variiren. Individuen mit zarter Haut haben in dieſer Hinſicht in der Regel vor ſolchen mit grober den Vorzug. Dagegen bleiben die relativen Verhältniſſe der einzelnen Hautpartheien zu einander beſtändiger oder unterſcheiden ſich nur durch untergeordnete Abweichungen, ſo daß z. B. die Zungenſpitze in allen bisher geprüften Fällen ungefähr 50 bis 60 Mal ſo fein als die Mitte der Haut des Rückens taſtet und die genannten Theile die beiderſeitigen Extreme der Feinheit des Gefühlsvermögens darſtellen.

Haben mehrere zuverläſſige Perſonen an den wichtigeren Stellen ihres 1292
Körpers ermittelt, bei welchem Minimum der Entfernung die beiden mit Kork gedeckten Cirkelſpitzen geſondert wahrgenommen werden, ſo läßt ſich aus den Mittelwerthen eine Skale der relativen Empfindlichkeitsgrößen der mannichfachen taſtenden Theile entwerfen. Man legt ihr am einfachſten diejenige Zahl, welche der Zungenſpitze als dem in dieſer Beziehung empfindlichſten Organe zukommt, als Einheit zum Grunde.

E. H. Weber hatte zuerſt eine Tabelle der Art geliefert [1]). Später wurden die Unterſuchungen von Theile, Gerber, Neuhaus, Bühlmann und mir wiederholt. Abſtrahiren wir nun von den untergeordneten Differenzen, welche die quere oder die Längenſtellung, ſo wie die rechte und die linke Seite bedingen [2]), ſo ergiebt ſich aus den an den genannten ſechs ſachkundigen Männern angeſtellten Beobachtungen die nachfolgende Ueberſicht, bei welcher nur die Werthe der Volarflächen der erſten Fingerphalangen, des Schamberges, des männlichen Gliedes, der Vorhaut, der Bruſtwarze und der Achſelgrube auf den neueren zuletzt erwähnten Prüfungen allein fußen.

---

[1]) a. a. O. p. 58. 59.

[2]) Dieſe Eigenthümlichkeiten ſind bei Weber a. a. O. p. 50 – 57, ſowie De functionibus nervorum p. 118. 119 ſpecieller erläutert.

Theile.	In pariſer Linien ausgedrückte Größe der kleinſten Entfernung, in welcher zwei Punkte durch das Taſtgefühl geſondert wahrgenommen werden.			Nach dem Mittelwerthe beſtimmte relative Größe der Taſtempfindlichkeit, die der Zungenſpitze (= 0‴,4833...) = 1 geſetzt. Coefficient der	
	Maximum	Minimum.	Mittel.	Schärfe.	Stumpfheit.
Zungenſpitze.	0,50	0,40	0,4833...	1,000	1,000
Volarfläche des letzten Phalanx des Zeigefingers.	1,00	0,50	0,603	0,802	1,248
Desgl. des Mittelfingers.	1,00	0,37	0,706	0,685	1,461
Desgl. des Ringfingers.	1,00	0,60	0,723	0,669	1,496
Desgl. des Daumens.	1,00	0,50	0,725	0,667	1,500
Desgl. des kleinen Fingers.	1,00	0,50	0,733	0,659	1,517
Rothe Oberfläche der Unterlippe.	2,00	0,50	1,500	0,322	3,130
Desgl. der Oberlippe.	2,00	0,50	1,520	0,318	3,145
Volarflächen der zweiten Phalangen der Finger.	2,00	1,25	1,558	0,310	3,223
Desgl. der erſten Phalangen der Finger.	1,75	1,50	1,650	0,293	3,414
Mitte des Zungenrückens.	4,00	1,50	1,916	0,252	3,964
Rückenflächen der letzten Fingerphalangen.	3,00	1,75	2,125	0,227	4,397
Nicht rother Theil der Lippen.	4,00	1,50	2,208	0,219	4,568
Naſenſpitze.	3,00	0,50	2,250	0,215	4,655
Zungenrand, 1″ weit von der Spitze entfernt.	4,00	1,50	2,478	0,195	5,127
Seitentheil des Zungenrückens.	4,00	1,50	2,500	0,193	5,172
Volarflächen der Metacarpusknochen.	3,00	1,75	2,625	0,184	5,431
Endtheil der großen Zehe.	5,00	3,00	3,250	0,149	6,724
Metacarpustheil des Daumens.	4,50	2,00	3,333	0,145	6,896
Außenfläche der Augenlider.	5,00	2,50	3,833	0,126	7,930
Volarfläche der Hand.	5,00	3,00	3,833	0,126	7,930
Dorſalfläche des zweiten Phalanx des Daumens.	5,50	2,75	3,893	0,124	8,054
Desgl. des Zeigefingers.	5,50	2,75	3,893	0,124	8,054
Desgl. des Mittelfingers.	5,50	2,75	3,900	0,1239	8,069
Desgl. des kleinen Fingers.	5,50	2,50	3,943	0,1225	8,158
Desgl. des Ringfingers.	5,50	2,75	3,971	0,1217	8,216
Haut in der Mitte des harten Gaumens.	6,00	2,00	4,042	0,120	8,363
Lippenſchleimhaut in der Nähe des Zahnfleiſches.	9,00	2,00	4,125	0,172	8,535

Theile.	In pariſer Linien ausgedrückte Größe der kleinſten Entfernung, in welcher zwei Punkte durch das Taſtgefühl geſondert wahrgenommen werden.			Nach dem Mittelwerthe beſtimmte relative Größe der Taſtempfindlichkeit, die der Zungenſpitze (= 0‴,4833...) = 1 geſetzt. Coefficient der	
	Maximum	Minimum	Mittel.	Schärfe.	Stumpfheit.
Wangenhaut über dem Buccinator.	5,00	3,25	4,541	0,106	9,395
Haut an dem Vordertheile des Jochbeines.	7,00	3,00	4,620	0,105	9,559
Rückenflächen der erſten Fingerphalangen.	7,00	4,00	4,917	0,098	10,173
Vorhaut.	6,00	4,00	5,100	0,095	10,552
Rückenfläche der Haut an den Köpfchen der Metacarpusknochen.	8,00	3,25	5,250	0,092	10,862
Haut an dem hinteren Theile des Jochbeines.	10,00	3,00	5,286	0,091	10,936
Plantarfläche der Metatarſusknochen der großen Zehe.	7,00	5,00	5,875	0,082	12,155
Unterer Theil der Stirnhaut.	10,00	4,00	6,000	0,081	12,414
Handrücken.	14,00	3,50	6,966	0,069	14,412
Unterer Theil der behaarten Haut des Hinterhauptes.	12,00	6,00	8,292	0,058	17,156
Haut des Halſes unter dem Unterkiefer.	15,00	3,00	8,292	0,058	17,156
Haut an dem Hintertheile der Ferſe.	10,00	8,00	9,000	0,054	18,621
Schaamberg.	14,00	3,00	9,200	0,052	19,035
Haut des Scheitels.	15,00	5,50	9,583	0,050	19,827
Haut an der Knieſcheibe und am Oberſchenkel in der Nähe derſelben.	16,00	6,00	10,208	0,047	21,120
Bruſtwarze.	20,00	9,50	12,066	0,040	24,964
Fußrücken in der Nähe der Zehen.	18,00	7,50	12,525	0,039	25,914
Achſelgrube.	14,00	12,00	13,000	0,037	26,897
Haut an dem oberen und unteren Theile des Vorderarmes.	18,00	7,00	13,292	0,036	27,501
Haut an der Halswirbelſäule nahe an dem Hinterhaupt.	24,00	8,00	13,292	0,036	27,501
An dem oberen und dem unteren Endtheile des Unterſchenkels.	18,00	9,00	13,708	0,035	28,361
Männliches Glied.	18,00	10,00	13,850	0,0348	28,655
An dem Acromion und dem Oberarm in der Nähe derſelben.	18,00	6,00	13,866	0,0349	28,688

Theile.	In pariſer Linien ausgedrückte Größe der kleinſten Entfernung, in welcher zwei Punkte durch das Taſtgefühl geſondert wahrgenommen werden.			Nach dem Mittelwerthe beſtimmte relative Größe der Taſtempfindlichkeit, die der Zungenſpitze (= 0''',4833...) = 1 geſetzt. Coefficient der	
	Maximum	Minimum	Mittel.	Schärfe.	Stumpfheit.
An dem Heiligbeine.	18,00	7,50	14,958	0,032	30,948
Am Bruſtbeine.	20,00	8,00	15,875	0,030	32,845
Am Glutaeus u. am Schenkel in der Nachbarkeit deſſelben.	18,00	10,5	16,625	0,029	34,397
An der Mitte des Oberarmes mit Ausnahme der Stelle, wo die Muskeln den größten Umfang darbieten.	30,00	8,75	17,083	0,028	35,344
An der Mitte des Oberſchenkels mit Ausnahme der Gegend, in welcher die Musculatur das Maximum des Umfanges bedingt.	30,00	9,00	17,633	0,027	36,482
An der Mitte der Halswirbelſäule.	30,00	7,00	18,542	0,026	38,362
An den fünf oberſten Rückenwirbeln in der Nähe der Mittellinie des Rückens.	24,00	11,00	19,000	0,025	39,310
An dem unterſten Theile der Bruſt- und der Lendenwirbelſäule.	24,00	11,5	19,912	0,022	44,758
An der Mitte der Rückenwirbel.	30,00	11,00	24,208	0,020	50,086

Dieſe Ueberſicht zeigt uns zuvörderſt, daß 1) der im Durchſchnitt am wenigſten fein fühlende Theil unſeres Körpers, nämlich die Haut in der Mitte des Rückens zwei geſonderte Punkte ungefähr 50 Mal ſchwächer als die Zungenſpitze, welche das andere Extrem darſtellt, unterſcheidet. Als beiderſeitige Grenzen laſſen ſich in dieſer Hinſicht im Allgemeinen $\frac{1}{2}$ und 25 pariſer Linien oder $1\frac{1}{8}$ und $56\frac{1}{4}$ Millimeter annehmen.

2) Die verſchiedenartige Vertheilung der abweichenden Größen der Taſtempfindlichkeit entſpricht im Ganzen den phyſiologiſchen Zwecken der einzelnen Gebilde. Die Zungenſpitze, welcher die genauere Beurtheilung der mechaniſchen Verhältniſſe der Nahrungsmittel obliegt, und die Volarflächen der Finger, die unter den gewöhnlichen Verhältniſſen die Hauptrepräſentanten der feineren Taſtempfindung darſtellen, erſcheinen als die höchſten Glieder der Skale (= 1 bis 1,5). Ihnen zunächſt kommen die rothen Oberflächen der Lippen (= 3,1), die ein genaueres Unterſcheidungsvermögen ſowohl bei dem Eſſen als bei dem Küſſen vorausſetzen.

Die dann folgende Gruppe bilden einzelne Stellen der Haut der Finger, der großen Zehe, des Geſichtes, des Zungenrückens und der Mundhöhle, ſo wie die Vorhaut (= 3,2 bis 10,9). Ihnen folgen verſchiedene Punkte des Scheitels und der Nachbartheile, ſolche der Hand und des Fußes, und der Schamberg (= 12,1 bis 19,8), bis endlich die übrigen Theile der Extremitäten, die Achſelgrube, die Bruſtwarze (des Mannes), der Penis, das Bruſtbein und die Rückenhaut längs der Wirbelſäule (= 21,1 bis 50,0) die Reihe beſchließen. Theile, auf denen die Körperlaſt längere Zeit ruhen muß, ſtehen in dieſer Hinſicht aus leicht erſichtlichen Gründen ſehr tief. So die Haut des Nackens, des Rückens und der Lenden (= 38,3 bis 50,5), die des Geſäßes (= 34,4) und die Ferſe (= 18,6). Die letztere erlangt den relativ höchſten Werth der Schärfe, weil der unbedeckte Fuß bei dem Gehen die Unterſuchung des Bodens zu übernehmen hat. Nichts deſto weniger verhält ſich aber dabei die Stumpfheit des Gefühles in dem Endtheile der großen Zehe zu der der Volarfläche des Daumens = 6,724 : 1,500 = 4,48 : 1, d. h. das Taſtgefühl des Daumens iſt ungefähr 4½ Mal ſo fein als das des entſprechenden Theiles des Fußes. Eben ſo gehen zwar einander die oberen und die unteren Extremitäten im Ganzen parallel; allein jene haben immer einen größeren oder kleineren Vorrang vor dieſen. Die Umgebung der Gelenke beſitzt in der Regel eine feinere Taſtempfindlichkeit als die Mittelparthieen der Arme und Beine.

3) Den allgemeinen Verhältniſſen des Taſtgefühles entſprechend iſt die größte Empfindlichkeit ſolchen Stellen verliehen, welche Endtheile bilden, frei liegen und in mannichfachen Richtungen bewegt werden können. Hierher gehören die Zungenſpitze, die letzten Phalangen der Finger und der Zehen, die Lippen, die Naſenſpitze u. dgl. Stücke, die an ſie grenzen, haben immer etwas niederere Werthe als ſie ſelbſt. Dieſes Geſetz bildet gewiſſermaßen den phyſiologiſchen Ausdruck des anatomiſchen Verhältniſſes, daß die Natur die Nervenfaſern ſo ſehr als möglich bis zuletzt aufſpart, bevor ſie ſie der Endſchlingenbildung überläßt.

4) Gleichwie die anderen Sinneswerkzeuge nach der vorderen Hälfte des Körpers gewandt ſind, ſo hat auch dieſe im Allgemeinen rückſichtlich der Taſtperception vor der hinteren den Vorzug. An der Hand und dem Fuße iſt die Volarfläche in dieſer Hinſicht die begünſtigtere.

5) Wolluſtgefühl und Taſtempfindung erſcheinen, wie ſich auch den Geſetzen der Nervenphyſiologie gemäß zum Theil erwarten läßt, durchaus unabhängig von einander. Denn gerade die männlichen Geſchlechtstheile nehmen in der oben verzeichneten Tabelle keine ſehr hohen Stufen ein. Die Vorhaut als die ſenſibelſte Parthie hat 10,6, der Schamberg 19,0 und der Penis ſogar 28,7. Dieſem entſprechend kommt auch der männlichen Bruſtwarze 25,0 zu. Alle Stellen der Art zeichnen ſich aber dadurch aus, daß das Schmerzensgefühl im Allgemeinen ſehr leicht und mit beſonderer Intenſität hervortritt. Die Berührung des Fußrückens und ſelbſt der Volarfläche des letzten Phalanx des Zeigefingers oder der Zungenſpitze mit zwei unbedeckten Cirkelſpitzen erregt eine weniger unangenehme ſtechende Empfindung, als die des männlichen Gliedes. Endlich

6) Werden zwei einander möglichſt nahe gerückte Punkte um ſo eher geſondert aufgefaßt, je verſchiedenartigere Nerven ſie berühren. Man ſieht dieſes zunächſt an der Mittellinie des Körpers am deutlichſten. Die Neurologie lehrt uns, daß die Hautnerven von beiden Seiten nach der Mitte convergiren und auf dieſe Weiſe jede Hälfte faſt ausſchließlich von den Nerven ihrer Seite verſorgt wird. Dieſem entſprechend iſt auch das Unterſcheidungsvermögen viel ſchärfer, wenn die beiden Spitzen ſymmetriſche ſeitliche Theile berühren, als wenn ſie ſich gerade in der Mittellinie befinden. Hiermit hängt auch der ſchon früher erwähnte Satz zuſammen, daß wir kleine Entfernungen bei horizontaler Aufſtellung der Spitzen im Allgemeinen feiner als bei longitudinaler auffaſſen.

Der beſtimmte Grad von Taſtempfindlichkeit, welcher einer einzelnen Hautſtelle zukommt, kann ſich durch verſchiedene Momente, die auf den Thätigkeitszuſtand der ſenſiblen Nerven einwirken, weſentlich verändern. Den großen Einfluß der Uebung erhärten am beſten die faſt ans Unglaubliche grenzenden Unterſcheidungen, welche den indiſchen Spinnern rückſichtlich der Faden ihrer Gewebe möglich ſind. Sie ſondern z. B. auf dieſe Art in dem rohen Cocon des Seidengeſpinnſtes 20 verſchiedene Grade der Feinheit [1]). Eben ſo entwickelt ſich auch wahrſcheinlich das Taſtgefühl der Zehen bei Mangel der Arme in einem nicht minder bedeutendem Maaße. Ein Individuum der Art, dem nicht nur die beiden oberen Extremitäten vollſtändig, ſondern auch die beiden zweiten Zehen fehlten, bildete ſich ſogar zum Maler aus, indem es in dieſer Hinſicht mit ſeinen feiner fühlenden und beweglicheren Zehen, wie wir mit den Fingern arbeitete [2]).

Umgekehrt wird das Taſtgefühl durch ſchädliche Einflüſſe momentan oder dauernd abgeſtumpft. Hatte eine Hautſtelle einen bedeutenden Druck längere Zeit auszuhalten, ſo zeigt ſich ihr Taſtvermögen vermindert. Dieſe Erſcheinung bildet dann die Folge einer gewiſſen Ueberreizung und der durch ſie bedingten Abſtumpfung. Wird eine Extremität mit einem Bande feſt umſchlungen, ſo bleibt das Gefühl im Anfange, wie es ſcheint, daſſelbe, verringert ſich aber, ſo wie Ameiſenkriechen eintritt. Jeder Eindruck ſteigert ſich leichter als ſonſt zu wahrem Schmerze. Während mäßige Wärmegrade die Taſtempfindlichkeit in bedeutendem Maaße begünſtigen, wird ſie durch Kälte abgeſtumpft und durch höhere Temperaturen dergeſtalt verändert, daß ſchon leiſer Druck ſchmerzt. Eine zu große Durchfeuchtung der Haut kann auf zweierlei Art wirken. Die Kälte, welche ſpäter noch durch die Verdunſtung des Waſſers ferner unterhalten wird, ſetzt die Empfindlichkeit der Nerven, die Durchtränkung dagegen die Widerſtandscorrection der Oberhaut herab. Das Taſten wird daher ſtumpfer und bedingt leicht bei höheren Graden der Einwirkung unangenehme Empfindungen. Hat ein Menſch z. B. ein kaltes Flußbad genommen, ſo wird er bald finden, daß ſeine Taſtperceptionen im Anfange im Ganzen ſchwächer ausfallen, ſich aber bedeutend verſtärken, ſo wie ſich ſeine abgetrocknete Haut geröthet hat oder überhaupt das Gefühl der Erſtarrung geſchwunden iſt. Chemiſche Subſtanzen, wie z. B. Eſſigſäure oder eine Auflöſung von kauſtiſchem Kali, welche die Epidermidalzellen zum Theil auflöſen, können im Anfange die Feinheit des Taſtvermögens dadurch in geringerem Grade erhöhen, daß ſie die Widerſtandsfähigkeit der Muttergewebe der Haut verkleinern. Allein ſie ſetzen bald die Nerven durch eben dieſe Verhältniſſe den äußeren Einwirkungen zu ſehr aus, ſo daß Schmerz ſtatt des bloßen Taſtgefühles reſultirt. Dieſes verringert ſich auch, wenn narkotiſche Gifte oder andere Einflüſſe die Empfindlichkeit der Nerven abgeſtumpft haben. Ein Mann, der längere Zeit Taback geraucht hat, beſitzt an ſeiner Zungenſpitze ein minder zartes Gefühl als ſonſt. Leute von ſehr geringer Intelligenz bieten auch eine große Stumpfheit ihres Taſtvermögens dar. Menſchen mit den höchſten Graden des Cretinismus, wie ſie im Wallis oder im Aoſta-

---

[1]) R. Wagner Lehrbuch der ſpeciellen Phyſiologie. Zweite Auflage. Leipzig, 1843. 8. S. 343.

[2]) F. Magendie Handbuch der Physiologie. Uebersetzt von Heusinger. Eisenach, 1834. 8. Bd. I. S. 126.

thale verkommen, lieben nicht ſelten, Glasſcherben in ihren Schuhen zu tragen u. dgl. mehr. Umgekehrt aber ſtören auch alle Momente, welche eine zu große Empfänglichkeit für Schmerzen bedingen, die Feinheit der Taſtempfindungen. Daß alle dieſe Verhältniſſe und vorzüglich die Abſtände, in welchen zwei Punkte geſondert wahrgenommen werden können, zur Beurtheilung der erſten Anfänge von Hautlähmungen benutzt werden können, verſteht ſich von ſelbſt.

Die genauere Unterſcheidung der Taſtempfindungen hängt noch von 1293
einer Reihe von Nebenumſtänden, die auch auf die anderen Sinnesorgane in ähnlicher Weiſe wirken, ab. Trifft z. B. ein Gegenſtand unſere Haut plötzlich und ſucht er gegen ſie einen Widerſtand mit einer gewiſſen Schnelligkeit auszuüben, ſo fühlen wir ihn zunächſt ſtärker und feiner. Ueberſchreitet dagegen dieſes Verhältniß eine beſtimmte Grenze oder iſt unſere Aufmerkſamkeit in demſelben Augenblicke durch andere Dinge gefeſſelt, ſo tritt der umgekehrte Erfolg ein. Aus dem letzteren Grunde ſpüren z. B. Menſchen, die in heftigem Kampfe begriffen ſind, ihre Verwundung im erſten Momente gar nicht. Kranke dagegen, die ſich lange vor der ihnen bevorſtehenden Operation gefürchtet und deren volle Aufmerkſamkeit durch die nöthigen Vorbereitungen auf ſie gelenkt worden, empfinden die Schmerzen in verſtärktem Maaße. Ohnmächtige, Halbcretins ertragen leicht die heftigſten chirurgiſchen Eingriffe ohne irgend bedeutende Reaction, während dieſe nicht ſelten bei ſehr geiſtreichen und lebhaften Menſchen alle vorangehende Berechnung vereitelt.

Ungleiche Berührung zweier Hautſtellen erhöht meiſtentheils die Perception. Wird aber der befühlte Gegenſtand oder die Haut öfters hin- und herbewegt, ſo verſtärkt ſich die Schärfe der Empfindung in noch bedeutenderem Maaße. Wir orientiren uns dann nach und nach und ſuchen durch Wiederholung der Eindrücke die urſprüngliche Unvollkommenheit derſelben zu ergänzen. Iſt dagegen ein Theil der Haut zu lange der Taſtthätigkeit unterworfen worden, ſo ſtumpft ſich ſein Gefühl ab, ſo daß er zuletzt zwei Punkte, die er ſonſt noch unterſcheidet, einfach wahrnimmt oder bei geringeren Eindrücken Schmerzen entſtehen. Wird dagegen dieſe Uebung auf verſchiedene Zeiträume vertheilt, ſo vervollkommnet ſich hierdurch die Empfindlichkeit, wie die indiſchen Weber oder intelligentere Blinde am beſten beweiſen, in hohem Maaße.

Verhältniſſe der Art üben daher auch auf unſer dem Taſtgefühle allein anheimgeſtelltes Urtheil einen weſentlichen Einfluß aus. Die Formen harter und mäßig warmer Körper ſind auf dieſem Wege leichter und vollſtändiger als die weicher und kalter oder ſehr heißer zu beſtimmen. Von zwei gleichzeitig empfundenen verſchiedenen Eindrücken läßt der ſtärkere den ſchwächeren in den Hintergrund treten. Eben ſo geben minder empfindliche Hautſtellen undeutlichere und zum Theil unrichtigere Reſultate. Das Letztere führt ſogar zu einer Reihe eigenthümlicher Sinnestäuſchungen, auf welche zuerſt E. H. Weber [1]) genauer aufmerkſam gemacht hat. Wenn man nämlich die beiden gedeckten, in einer beſtimmten Entfernung von einander befindlichen Cirkelſpitzen von einer minder fein taſtenden

[1]) a. a. O. p. 59.

Hautſtelle nach einer ſenſibleren hinbewegt, ſo haben wir das Gefühl, als wenn ſich der Abſtand der beiden wahrgenommenen Punkte vergrößerte, während er ſich in dem umgekehrten Falle zu verkleinern ſcheint. Der Verſuch gelingt z. B. ſehr gut, wenn man die beiden Spitzen von der Oberfläche des unteren Augenlides längs der Wangen nach der Oberlippe hinabgehen oder in umgekehrter Ordnung hinaufſtreichen läßt. Bei einiger Uebung läßt ſich dieſelbe Beobachtung an allen anderen verſchieden taſtenden Hautſtellen mit mannichfachen Modificationen wiederholen.

Wenn zwei Punkte ſo wenig von einander entfernt ſind, daß ſie nur einen einfachen Eindruck an einer beſtimmten Hautparthie erzeugen, ſo kann man ſie dennoch, wenn nicht ihre Diſtanz gar zu klein iſt, doppelt fühlen, ſobald man ſich durch gegenſeitige Bewegung der Haut und des widerſtehenden Objectes orientirt. Die verſchiedenen gegenſeitigen Ortsveränderungen und das Bewußtſein der bewegenden Thätigkeit und der darauf verwendeten Zeit ergänzen hier bis zu einem gewiſſen Grade die Unvollſtändigkeit der urſprünglichen Wahrnehmung [1]).

1294 Die zweite Richtung der Thätigkeit der Taſtnerven, nämlich die **Beurtheilung der Temperatur** eines Körpers, welcher mit der Haut in Berührung kommt, beruht durchgängig auf relativen Abſchätzungen und unterliegt daher ſehr vielen Schwankungen, welche durch die ſubjectiven Verhältniſſe des Körpers bedingt werden. Wir haben ſchon früher (§. 110) geſehen, in welchem Maaße die Wärme unſerer Haut die Schätzung des Wärmegrades einer mit ihr in Berührung kommenden Subſtanz beſtimmt. Hat jene z. B. 37° C., ſo erſcheint uns eine Maſſe, die 38° C. beſitzt, ſehr warm, eine ſolche dagegen, die nur 32° hat, verhältnißmäßig kalt. Die Auffaſſung kleinerer Unterſchiede fällt aber um ſo richtiger aus, je weniger ſich der Temperaturgrad des berührten Körpers von dem unſerer Haut entfernt. Dauert der Contact einige Augenblicke, ſo kommt das Vermögen des Körpers, uns Wärme zu entziehen, in Betracht. Er erſcheint uns nämlich um ſo kälter, in je höherem Grade er dieſe Fähigkeit beſitzt. Wir erfahren dieſes ſogleich, wenn wir z. B. einen Metall- und einen Holzſtab, Queckſilber oder Waſſer von derſelben Temperatur berühren. Hat aber eine Ausgleichung durch den längeren Aufenthalt Statt gefunden, ſo erhalten wir das Gefühl einer größeren Wärme, und unſere Haut wird von einem nur wenig höher temperirten Körper, der ſonſt andere Wirkungen bedingt, mit der Perception des Warmen erfüllt. Am beſten ſehen wir dieſes bei dem Baden in einem kalten Fluſſe und dem nachfolgenden Austritte in die Luft. Nur dann, wenn die kühle Subſtanz dergeſtalt einwirkt, daß ſie fortwährend Wärme entzieht und keine Ausgleichung geſtattet, entſteht eine ſich immer ſteigernde Wahrnehmung der Kälte.

Nicht ſelten übt auch die Hautſtelle, mittelſt welcher die Temperatur empfunden wird, auf unſer Urtheil einen bedeutenden Einfluß aus. Theile nämlich, die wie die Fingerſpitzen die Entfernung zweier Punkte

---

[1]) Vergl. E. H. Weber a. a. O. p. 77—81.

ſehr genau unterſcheiden, ſchätzen auch die Wärmegrade verſchiedener Flüſſigkeiten richtiger als andere, minder empfindliche Partieen. Jedoch kann auch hier die Dicke der Oberhaut corrigirend dazwiſchentreten, indem Stellen mit dünner Epidermis die Wärme beſſer als den mechaniſchen Widerſtand und umgekehrt auffaſſen. Eben ſo treten auch ſolche Unterſchiede bei ſehr ſtarken oder nur augenblicklich wirkenden Eindrücken in hohem Grade in den Hintergrund.

Die Beurtheilung des Wärmegrades hängt noch nach E. H. Weber [1]) auf eine weſentliche Weiſe von der Größe der berührenden Fläche ab. Läßt man z. B. einen Menſchen einen Finger in Waſſer von 40° bis 41° C. und die andere ganze Hand in ſolches von 37° C. eintauchen, ſo erſcheint ihm dieſes letztere nach den Beobachtungen dieſes Forſchers wärmer als das erſtere. Die quantitative Vermehrung der empfindenden Punkte trägt ſich alſo hier auf die Beurtheilung der Qualität über und erzeugt auf ſolche Art eine unrichtige Folgerung. Ihm analog unterſcheiden wir auch die Wärmegrade zweier Fluida genauer, wenn wir in ſie die Finger nach einander, als wenn wir ſie zugleich eintauchen.

Nach Weber [2]) würde auch Waſſer, welches durch die linke Hand geprüft würde, den meiſten Menſchen wärmer als das gleiche, wenn es durch die rechte zur Wahrnehmung gelangt, vorkommen.

Unter ſonſt gleichen Verhältniſſen tritt natürlicher Weiſe das Gefühl des Brennens in einem in eine heiße Flüſſigkeit eingetauchten Finger um ſo früher ein, je höher die Temperatur des Fluidums ſelbſt iſt. Bei 51,9° C. fehlte es nach Weber [3]) an dem letzten Phalanx des Zeigefingers gänzlich. Dagegen zeigte es ſich z. B. nach den in nachfolgender Tabelle verzeichneten Zeiträumen, wenn das Nagelglied des Daumens eingetaucht wurde: 1295

Temperatur des Waſſers in Celſius'ſchen Graden.	In Secunden ausgedrückte Zeitdauer des Eintauchens, nach welchem der Daumen wegen unerträglichen Brennens herausgezogen werden mußte.	Temperatur des Waſſers in Celſius'ſchen Graden.	In Secunden ausgedrückte Zeitdauer des Eintauchens, nach welchem der Daumen wegen unerträglichen Brennens herausgezogen werden mußte.
71°,25	3,5	63°,75	4,0 bis 5,0
66°,25	4,5	62°,50	4,0
65°,00	4,0	61°,25	8,0
		60°,00	5,5

Der kleinere Werth, welcher bei 60° C. gefunden wurde, rührt wahrſcheinlich davon her, daß der genannte Handtheil kurz zuvor zu anderen Verſuchen gebraucht und daher zu reizbar gemacht worden war.

---

[1]) E. H. Weber a. a. O. p. 114 und 164. 165.

[2]) Ebendaſelbſt p. 119. 120.

[3]) Ebendaſelbſt p. 128.

1296 Die Beſtimmung des Gewichtes, welches eine Hautſtelle belaſtet, beruht, wie wir ſchon ſahen, auf keiner bloßen Taſtempfindung, ſondern zugleich auf der Wahrnehmung der zu dieſen Auffaſſungen nöthigen Muskelbewegung. Dieſer ſchon theoretiſch folgende Satz wird ſehr deutlich durch die Verſuche von E. H. Weber [1]) erhärtet. Wurden z. B. auf die eine Hand 2 Pfd. und auf die andere ſo viel weniger aufgelegt, daß die Perſon die Differenz der beiderſeitigen Belaſtung eben wahrnahm, ſo fiel dieſe ungleich größer aus, wenn der bloße Taſtſinn, als wenn er in Verbindung mit den Muskelbewegungen zu Hilfe gezogen wurde. Im erſteren Falle lagen die Gewichte auf der ruhenden Hand, während ſie der Menſch in dem letzteren balanciren konnte. Reducirt man z. B. die größten Unterſchiede, welche noch nicht zur Empfindung kamen, auf Bruchtheile des einen gleichbleibenden Gewichtes von 2 Pfund, ſo ergaben ſich folgende relative Werthe in 13 an verſchiedenen Individuen angeſtellten Beobachtungsreihen:

Verſuchsreihe.	Nicht mehr empfundener Minimalunterſchied		Verſuchsreihe.	Nicht mehr empfundener Minimalunterſchied	
	ohne Bewegung.	mit Bewegung.		ohne Bewegung.	mit Bewegung.
1	0,200	0,031	8	0,250	0,062
2	0,200	0,062	9	0,250	0,062
3	0,500	0,062	10	0,500	0,062
4	0,250	0,125	11	0,333	0,062
5	0,500	0,062	12	0,500	0,250
6	0,500	0,125	13	0,333	0,200
7	0,250	0,091			

Wir haben daher im Mittel für die bloße Anwendung des Taſtſinnes 0,351 und für die deſſelben in Verbindung mit der Muskelbewegung 0,097, d. h. die Zuziehung der letzteren verſchärfte die Feinheit der Gewichtsſchätzung durchſchnittlich faſt um das Vierfache.

Wenn ein Körper auf eine feiner empfindende Hautſtelle drückt, ſo erzeugt er im Allgemeinen eine größere Wirkung und erſcheint daher auch ſchwerer, als wenn er auf eine minder ſenſible Stelle einwirkt. Legt man daher z. B. eine Maſſe auf die Lippen und eine zweite entſprechend ſchwerere auf die Stirn, ſo werden ſie die gleiche Druckperception verurſachen, und umgekehrt müſſen in dieſem Falle gleiche Laſten ungleich erſcheinen [2]). Eben ſo zeigt ſich noch meiſtentheils der eigenthümliche Unterſchied, daß die rechte Seitenhälfte die auf ihr ruhenden Gewichte mit geringerer In=

[1]) Ebendaſelbſt p. 90. Vergl. auch J. G. Steinbuch Beitrag zur Physiologie der Sinne. Nürnberg, 1811. 8. S. 58 fgg.

[2]) Ausführliche Verſuche hierüber ſiehe bei Weber a. a. O. p. 97 fgg.

tenſität als die linke wahrnimmt. Dieſes Verhältniß tritt nicht bloß an der Hand, ſondern auch an den übrigen Körpertheilen hervor [1]).

Werden aber ſchon die bisher behandelten Taſtempfindungen, ſobald 1297
ſich die Reize oft nach einander wiederholen, bedeutend verſtärkt, ſo zeigt ſich dieſes in noch höherem Maaße bei den Gefühlen der Wolluſt, welche z. B. durch Kitzeln der Achſelhöhle, der Fußſohle u. dgl. oder durch Befriedigung des Geſchlechtstriebes erregt werden. Eine einmalige Berührung ruft hier nur die Wahrnehmung des Taſtens oder des Schmerzes hervor. Zur Erzeugung jener erſteren Empfindung dagegen wird eine wiederholte Reibung erfordert. Dieſe kann ſelbſt ſo ſtark ſein, daß ſie an und für ſich Schmerz und Zerſtörung der afficirten Theile veranlaßt. Der Kitzel der Wolluſt unterdrückt dann jede nicht zu heftige unangenehme Empfindung. Sie tritt erſt ſpäter hervor, wenn jener aufregendere Eindruck verſchwunden iſt. Menſchen mit juckenden Hautausſchlägen kratzen ſich oft blutig und fühlen dabei zunächſt das größte Behagen, dem freilich nachher der Schmerz der Wunde auf dem Fuße folgt. Leidenſchaftliche Onaniſten vergnügen ſich nicht ſelten dadurch, daß ſie ſich den Penis durch Bindfaden, Ringe u. dgl. einſchnüren oder ihn ſelbſt verwunden, ja ſogar, wie einzelne Beiſpiele lehren, nach und nach theilweiſe amputiren. Der Stachelbeſatz des männlichen Gliedes, welcher bei einzelnen Säugethieren vorkommt, muß oft die Scheide blutrünſtig machen, ſo daß nur die Begattungsluſt die nervöſe Einwirkung ſolcher Verletzungen aufhebt.

Außer dieſen Wolluſtgefühlen kann jede bloße Taſtempfindung angenehm oder unangenehm afficiren. Viele Leute betaſten mit beſonderem Wohlgefallen ſehr glatte und vorzüglich weiche feinhaarige Gegenſtände, die gewiſſermaßen das Minimum des Kitzels erzeugen. Manchen iſt das Gefühl klebriger Gegenſtände, Anderen das des feinen Sandes im höchſten Grade zuwider. Welche Empfindungen unangemeſſene Perceptionen der Zähne, z. B. das plötzliche Kauen feinen Sandes, ſehr kleiner Knochenſplitter, das Durchziehen eines Fadens durch die Zahnreihen veranlaßt, iſt hinreichend bekannt.

Obwohl einzelne Perſonen die Schärfe ihres Taſtſinnes zu einem 1298
ſehr hohen Grade ausbilden, ſo ſteht dieſer doch unter den gewöhnlichen Verhältniſſen den höheren Sinnen in Betreff der Minimalgrenzen der Perception bedeutend nach. Sie hält zunächſt gar keinen Vergleich mit der des Geſichtes aus. Ich unterſcheide z. B. zwei ungefähr $\frac{1}{5}$ Millimeter dicke Punkte, welche 1 Millimeter = 0,443296 pariſer Linien von einander abſtehen, in einer Entfernung von 170 Centimeter = 753,60 Linien ohne irgend eine Mühe. Jene Diſtanz entſpricht einem Netzhautbildchen von $\frac{4{,}731 \times 0{,}443296}{753{,}60 + 5{,}29} = 0''',0027635$. Da nun die geringſte Entfernung, welche von der Zungenſpitze wahrgenommen wird, 0''',48 beträgt, ſo zeigt ſich unſere Netzhaut bei ihrer noch weit von dem Maximum entfernten Thätigkeit 173,69 Mal ſchärfer als unſer feinſtes Taſtorgan.

---

1) Ebendaſelbſt p. 92 fgg.

Erinnern wir uns ferner, daß die kleinſte Entfernung der Netzhautbildchen zweier geſondert wahrgenommener Linien unter den günſtigſten Verhältniſſen nur 0''',0010953 beträgt (§. 1093), ſo ſteigt ſogar dieſer relative Werth auf 438,23, das Auge ſieht dann 400 bis 500 Mal ſchärfer, als die Zungenſpitze taſtet.

Ein irgend geübtes Augenmaaß erkennt noch eine Linie, die 201 Millimeter umfaßt, für länger als eine, welche nur 200 Mm. hat, wenn auch beide entfernt von einander und in verſchiedenen Richtungen gezeichnet ſind. Wie früher angeführt worden, unterſcheidet ein gewöhnliches muſikaliſches Ohr zwei Töne, von denen der eine 100, der andere 101 Schwingungen in der Secunde macht. Dieſes wird ſogar noch bei großer Aufmerkſamkeit und ſehr feinem Gehöre unter einem Verhältniſſe von 200 : 201 oder ſelbſt von 321 : 322 möglich [1]). Während alſo noch das Geſichtsorgan mit Leichtigkeit eine Differenz von $\frac{1}{200}$, das Ohr eine ſolche von $\frac{1}{100}$ und ſogar unter gewiſſen Verhältniſſen von $\frac{1}{200}$ bis $\frac{1}{322}$ ſondern kann, beträgt der gleiche Werth für die Abſchätzung der Gewichte mittelſt des durch die Muskelbewegung unterſtützten Taſtſinnes $\frac{1}{32}$ (§. 1295), d. h. dieſer erſcheint mindeſtens 6 bis 7 Mal ſo ſtumpf als das Augenmaaß und 6 bis 10 Mal weniger ſcharf als die gegenſeitige Beziehung der Gehöreindrücke. Berückſichtigt man aber die Gefühlseindrücke allein, ſo erhöht ſich die Minimalgröße auf 0,125, d. h. das Auge und das Ohr arbeiten dann noch 4 Mal ſchärfer, als nach den zuletzt angegebenen Zahlen reſultiren würde.

1299 Aehnliche Verhältniſſe kehren in Betreff der **Oertlichkeitsauffaſſung** wieder. Wir haben bei dem Sehen durch die von **Burow** aufgeſtellten Verſuche über die Kreuzung der Geſichtslinien bei dem indirecten Sehen zu erhärten uns bemüht, daß die Netzhaut die Richtung der Einſtrömung der Lichtwellen aus dem Glaskörper mit ſehr vieler Pünktlichkeit auffaſſe. Setzen wir dagegen eine gedeckte Cirkelſpitze ſelbſt auf ſehr fein fühlende Hautſtellen auf, ſo können wir nur ſehr dunkel unterſcheiden, ob ſie ſenkrecht oder geneigt ſteht, es ſei denn, daß in dem letzteren Falle eine größere Oberfläche dem Taſtſinne dargeboten wird. Eben ſo finden wir zwar ſogleich den Punkt, an welchem uns etwas ſticht oder ſonſt afficirt. Allein auch hier ereignen ſich leicht bei ſtumpf auffaſſenden Hauptartheieen untergeordnete Irrthümer um ſo eher, je ſchwächer der Eindruck iſt und je kürzer er dauert oder je weniger er ſich wiederholt.

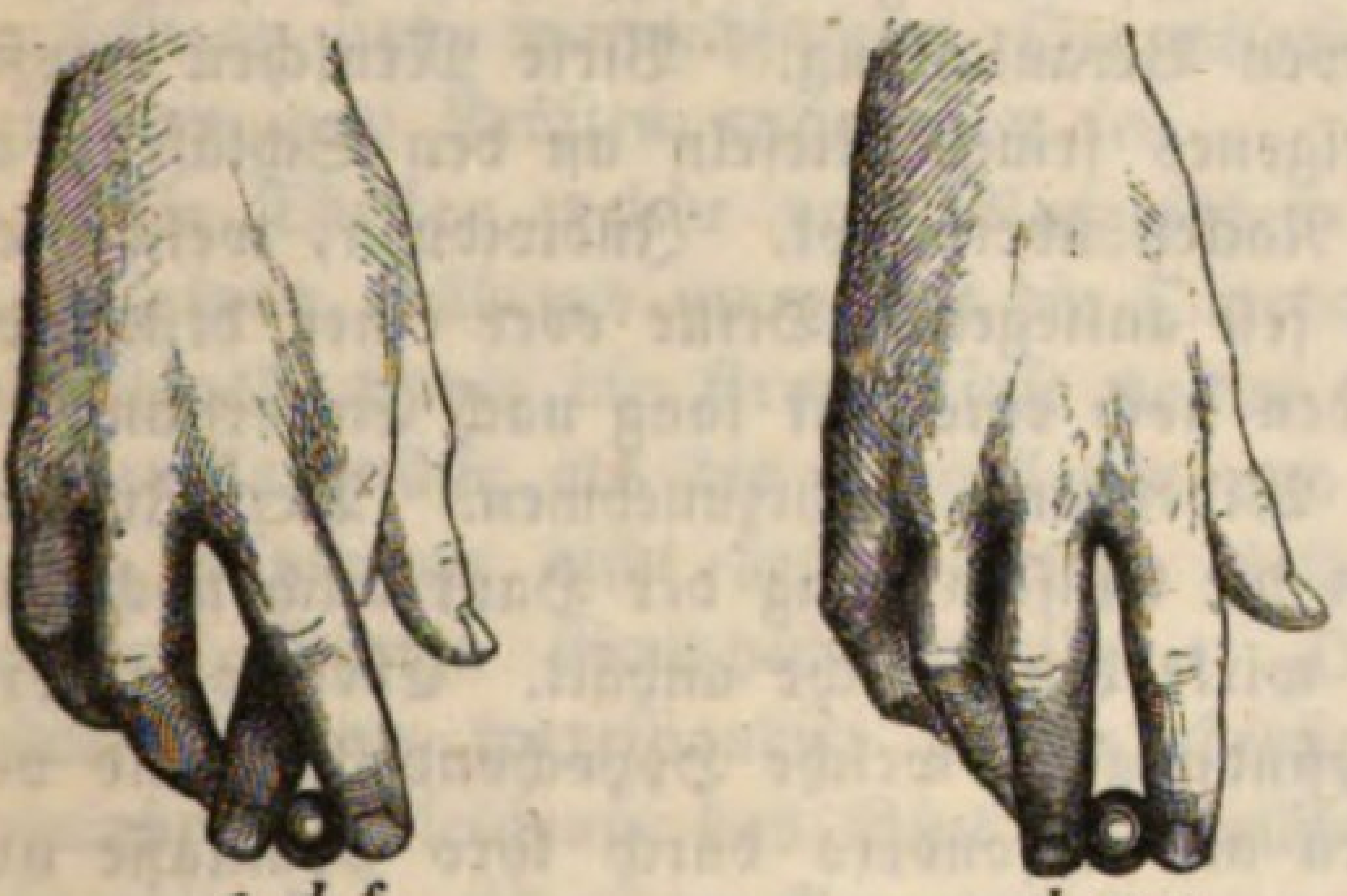
Wenn ein Körper eine Reihe benachbarter Punkte unſerer Haut afficirt, ſo ſuchen wir dieſe verſchiedenen Wirkungen zu einem Ganzen zu combiniren und uns auf dieſe Art eine unmittelbare Flächenanſchauung zu bereiten. Hierbei ſpielt aber wieder ebenfalls die Größe der Taſtempfindlichkeit der berührten Punkte eine mehr oder minder bedeutende Rolle. Wenn wir z. B. ein ganz ebenes Lineal gleichzeitig an den Wangen und den Lippen reiben, ſo erſcheint es uns bisweilen an denjenigen Punkten, welche den letzteren entſprechen, rauher.

---

[1]) E. H. Weber a. a. O. p. 172.

Werden zwei möglichſt gleiche Gegenſtände durch zwei ſymmetriſche Hautſtellen, z. B. durch die beiden Daumenſeiten der Volarflächen der letzten Zeigefingerphalangen, befühlt, ſo geben ſie geſonderte und keine zu einem Ganzen verſchmolzene Wahrnehmungen. Dagegen bietet auch der Taſtſinn unter gewiſſen natürlichen Verhältniſſen die Täuſchung des Doppeltfühlens einfacher Gegenſtände dar. Wir ſehen dieſes am beſten in einem ſchon den Griechen bekannten, und von Sturm genauer beſchriebenen Verſuche. Betaſtet man eine kleine Kugel a mit der Daumenſeite des Mittelfingers b und der Kleinfingerſeite des Zeigefingers c, ſo erhält man einen einfachen Eindruck, d. h. man hat die Empfindung, als wenn man der Wirkung zweier entgegengeſetzter Flächen eines und deſſelben Körpers ausgeſetzt wäre. Kreuzt man dagegen die genannten Finger, ſo daß die hin- und hergerollte Kugel d mit der Daumenſeite e des Zeige- und der Kleinfingerſeite des Mittelfingers f in Berührung kommt, ſo ſtellt ſich die Wahrnehmung ſo dar, als wenn man zwei geſonderte neben einander befindliche ſphäriſche Körper vor ſich hätte. Das Reſultat bleibt das gleiche, wenn man den Ring- oder den kleinen Finger zu dem Experimente gebraucht oder die Finger überhaupt in ähnlicher Weiſe zu combiniren ſucht. An den Zehen gelingt der Verſuch ſchwieriger, weil man hier nur mit vieler Mühe den Contact der Kugel mit beiden Volarflächen zu Stande bringt. Auf die Erklärung dieſer Erſcheinungen werden wir in der Nervenphyſiologie zurückkommen. 1299

Fig. 197.



Subjective Taſtempfindungen. — Die beiden vorzüglichſten 1300
Richtungen der objectiven Thätigkeit des Taſtſinnes, nämlich das Gefühl des mechaniſchen Eindruckes und der Temperatur, können auch als rein ſubjective Perceptionen auftreten. Wir haben z. B. in erſterer Hinſicht das Ameiſenlaufen, das Stechen und Brennen bei dem Einſchlafen der Glieder, welches durch eine umſchlungene Ligatur bedingt wird, das Pelzigwerden, Prickeln und ähnliche Gefühle, welche in Folge von Kälte oder verſchiedener Nervenkrankheiten eintreten u. dgl. mehr. Eben ſo iſt die Froſtempfindung, die in dem erſten Stadium der Fieber auftritt, als eine rein ſubjective Nervenauffaſſung anzuſehen. Denn die äußere Haut hat alsdann nicht nur keine niederere, ſondern ſogar noch eine etwas höhere Temperatur als ſonſt. Das Gleiche gilt von dem Brennen der Fieberhitze, das mindeſtens dem Kranken immer bedeutender vorkommt, als durch das Thermometer nachgewieſen werden kann (§. 103). Ueberhaupt ſind die Empfindungen der Kälte und Wärme ſehr relativ, da wir in Betreff

ihrer nur nach dem Zuſtande unſerer Haut und den Einwirkungen, welche ſie unmittelbar vorher getroffen haben, urtheilen.

Bei dem Schaudergefühle verbindet ſich häufig die Empfindung eines ſubjectiven Rieſelns mit der der Kälte. Die Hautnerven reagiren daher hier in beiderlei Richtungen neben einander. Eben ſo können ſich ſolche Taſtwahrnehmungen mit Perceptionen von Muskelideen combiniren. Dieſes haben wir bei dem Gefühle der Leichtigkeit, der Friſche, der Ermüdung, des Mattſeins u. dgl.

Alle normalen oder abnormen Veränderungen der materiellen Verhältniſſe oder Stimmungen des Nervenſyſtemes geben ſehr leicht zu ſubjectiven Täuſchungen der ſenſiblen Nerven Veranlaſſung. Viele Menſchen empfinden bei dem Einſchlafen ein eigenes feines Rieſeln an den Schläfen, am Scheitel oder dem Kopfe und Nacken überhaupt. Individuen, welche ſehr lange einen engen Ring, eine feſt anliegende Brille oder einen drückenden Verband getragen haben, glauben noch eine Zeit lang nach Entfernung dieſer Dinge den mechaniſchen Widerſtand wahrzunehmen. Der Irrthum tritt beſonders dann ein, wenn die Einſchnürung der Haut auch noch nach Fortſchaffung der urſprünglich wirkenden Urſache anhält. Eben ſo gehören hierher die mannichfachen Empfindungen, welche Hypochondriſten und vorzüglich Hyſteriſche wahrnehmen und beſonders durch ihre Phantaſie noch ſpecieller ausſchmücken.

Iſt das Gefühlsvermögen der Hautnerven erniedrigt, ſo entſtehen leicht Täuſchungen, welche von dem Menſchen unwillkürlich auf die Objecte ſelbſt übertragen werden. Habe ich z. B. in einem kalten Flußbade bei 13° C. mehr als eine Viertelſtunde verweilt, ſo erhalte ich einige Zeit darauf eine intenſive Empfindung von Pelzigſein in meinen Händen. Wenn ich dann einen harten Körper berühre, ſo kommt es mir vor, als wenn eine Zwiſchenſubſtanz zwiſchen ihm und meinem Finger vorhanden wäre. Perſonen mit theilweiſer Lähmung der Haut der Füße glauben oft, wenn ſie ſtehen, daß eine Waſſerblaſe zwiſchen ihrer Ferſe und dem Boden exiſtire. Die größere Stumpfheit des Gefühls läßt den Widerſtand eines feſten Körpers unter einem verminderten Cohäſionsgrade auffaſſen. Wenn Individuen, die an vollkommener Paralyſe der einen Hälfte der Ober- oder Unterlippe leiden, aus einem Glaſe trinken, ſo glauben ſie, daß ein Stück deſſelben ausgebrochen ſei, weil ſie den Mangel ihrer Perception auf den Gegenſtand ſelbſt übertragen [1]).

Nerventhätigkeit.

1301 Das Nervenſyſtem nimmt unter allen den mannichfaltigen Apparaten, mit welchen der Organismus des Menſchen und der Thiere ausgerüſtet worden, in jeder Hinſicht den höchſten Rang ein, weil ſeine Thätigkeiten

[1]) Eine Reihe von Verſuchen über die abweichenden Hautempfindungen nach Einwirkungen der Reibung, der Ligatur und der Kälte ſiehe bei: C. J. H. Inderfurth de sensus in cute aberrationibus. Bonnae. 1832. 4. p. 15 – 18.

nicht nur die übrigen Werkzeuge der thieriſchen Maſchine reguliren, ſondern auch die nächſte Vermittelung zwiſchen den geiſtigen Anregungen und den materiellen Gliedern der Organiſation übernehmen. Es bildet daher zunächſt den Ausgangs- und Vereinigungspunkt der ſämmtlichen höheren Lebensäußerungen und beherrſcht zugleich indirect die Erſcheinungen des Stoffwandels. Dieſe allgemeinere Beziehung verleiht ihm eine gewiſſe Aehnlichkeit mit dem Blutgefäßſyſteme, welches das Centrum der chemiſchen Veränderungen des thieriſchen Organismus darſtellt, und daher auch alle Gewebe, die des Nervenapparates nicht ausgenommen, belebt. Allein eine irgend ſpecielle Durchführung des Vergleiches zeigt bald, auf weſſen Seite die feinere und mannichfachere Organiſation und mit ihr der größere Reichthum von Kräften anzutreffen ſei.

Alle Theile, welche von Blutgefäßen verſorgt werden, empfangen auch Nerven, während umgekehrt die Oberhaut, die Epithelien, die Haare und Nägel, ſowie die Kryſtalllinſe beider Elemente entbehren. Sowohl die Capillargefäße als die Endgeflechte und die Endſchlingen der Nervenfaſern entſprechen nicht den einzelnen Zellen oder Faſern der Gewebe, ſondern größeren Gruppen derſelben. Die Art des Schluſſes dieſer beiden Syſteme correſpondirt mithin ebenfalls dem Charakter ihrer Allgemeinheit. Gleichwie das Blut die Ernährungsflüſſigkeit liefert und erſt dieſe mit den einzelnen Gewebeelementen in Wechſelwirkung tritt, ſo muß auch das Grundprincip, welches die Nerventhätigkeit veranlaßt, der Nervenäther, das Nervenagens, das Nervenprincip oder der thieriſche Geiſt der älteren Schriftſteller auf eine Reihe feinſter Theile der Organe einwirken und in ihnen entſprechende Reactionen hervorrufen. Es entſteht auf dieſem Wege eine allgemeine Anregung, welche nach Verſchiedenheit der peripheriſchen Gebilde in eigenthümlicher Art wiedergegeben wird. Beide Syſteme haben überdies Sammelorgane, Centra, welche die Mittelpunkte der peripheriſchen Specialwirkungen darſtellen. Das Herz übernimmt dieſe Rolle für das Blutgefäß-, das Hirn und Rückenmark für das Nervenſyſtem.

Allein wie arm erſcheint das erſtere in Verhältniß zu dem letzteren. Die hydrauliſche Thätigkeit umfaßt den engen Kreis, welcher die Beſtimmung des Herzens ausmacht. Das Blut, das dieſe Wirkungen auszuhalten hat, wird nicht einmal von ihm geſchaffen oder ſelbſt auf irgend eine weſentliche Art verändert, ſondern muß ſich ſeine Beſtandtheile in den Nahrungsmitteln und ſeine nothwendigen Verbeſſerungen in dem Sauerſtoffe der Atmoſphäre ſuchen, um allen Geweben des Körpers die zu ihrer Erhaltung und Thätigkeit nöthigen Subſtanzen liefern und das Entfernbare abſcheiden zu können. Im Gehirn und Rückenmark dagegen laufen nicht nur alle Fäden des wunderbaren thieriſchen Räderwerkes zuſammen, jeder Eindruck wird nicht bloß dieſen Autokraten überliefert, jede Wirkung von ihnen beſtimmt, ſondern die große Reihe der gegenſeitigen Uebertragungen der Reize und der ſelbſtherrlichen Erzeugung von andern hat hier ihren Mutterboden. Das in ſich wiederum aus ſo mannichfachen Theilen beſtehende centrale Nervenſyſtem beherrſcht die Bevölkerung der

übrigen Gebilde nach beſtimmten Geſetzen, denen ſelbſt der ſcheinbar freie Wille bis zu einem gewiſſen Grade unerbittlich unterworfen iſt.

1302 Der Einfluß des Blutes auf die Organelemente iſt unmittelbarer und materieller und daher auch oft auffallender als der, welcher den Nerven zukommt. Empfängt ein Theil des Menſchen oder eines höheren Thieres kein friſches Blut mehr, ſo fehlt auch die Quelle des nothwendigen Umſatzes oder die Speiſung der Elementargebilde. Sie ſterben um ſo leichter ab, je öfter ſie ihrer Einrichtung nach in Thätigkeit verſetzt werden, infiltriren ſich mit einer krankhaften Ernährungsflüſſigkeit oder werden brandig und gehen in jedem Falle ihrer urſprünglichen Beſtimmung verloren. Die Nerven dagegen ſind wahrſcheinlicher Weiſe nie im Stande, auf dieſe directe Weiſe auf den Ernährungszuſtand der Organe einzuwirken. Wenn auch materielle Veränderungen derſelben die Folge der Entziehung des Nerveneinfluſſes darſtellen, ſo kommen ſolche Effecte erſt dadurch zu Stande, daß bewegliche Theile längere Zeit hindurch ihrer nothwendigen Uebung beraubt oder die Poroſität und Contractilität der Wandungen der Blut- und Lymphgefäße oder anderer Elemente, welche in dieſer Hinſicht von Bedeutung ſind, geſtört werden. Von dem Blute hängt das Material, welches zur Erzeugung und Erhaltung der einzelnen Parthien nothwendig iſt, ab. Mit der Unthätigkeit der Nerven dagegen mangelt der höhere Geiſt, welcher die delicaten und veränderlichen Werkzeuge der Organiſation zweckmäßig einſtellt, nach Verſchiedenheit der Verhältniſſe modificirt, bald zur Bewegung treibt, bald dagegen in Ruhe verharren läßt, der mit einem Worte alle Parthieen gleich einem einſichtsvollen Maſchiniſten leitet und den mannichfach wechſelnden Erforderniſſen anpaßt.

1303 Dieſer weſentliche Unterſchied bedingt auch eine Grunddifferenz in der Anordnung der Elemente des Blutgefäß- und des Nervenſyſtemes. Die Capillargefäße vertheilen zwar die Blutmaſſe der Körperorgane in eine ſehr große Zahl von Strömchen, welche meiſtentheils ihrer Kleinheit wegen dem freien Auge entgehen; allein alle Minimalquantitäten von Blut, welche in ihnen enthalten ſind, fließen einen Augenblick ſpäter zuſammen, um ſich endlich in dem rechten Herzen zu größeren Maſſen zu verbinden. Wenn dieſe wieder in den Lungen in ſehr viele zarte Ströme auseinandertreten, ſo findet doch bald eine neue Vermiſchung in dem linken Herzen Statt. Alle Iſolation iſt daher hier nur eine vorübergehende, welche ſich auf die peripheriſchen Theile beſchränkt und einzig und allein der Vielſeitigkeit der Blutwirkung zu Liebe hergeſtellt worden. Sonſt dagegen herrſcht in dem Blutgefäßſyſteme das Princip der Vermiſchung und Vereinigung vor. In dem Nervenſyſteme haben wir gerade das Umgekehrte. Jede Primitivfaſer liegt iſolirt neben einer andern. Mit Ausnahme der Endſchlingen kommt keine Anaſtomoſe, keine wahre Veräſtelung zu Stande. Sie verläuft geſondert in ihrem Nervenſtamme, durchſetzt ihre Ganglien, wenn ſie ſolche Gebilde berührt, für ſich, tritt vereinzelt in Hirn- und Rückenmark ein und verhält ſich dann hier in der genannten Beziehung wiederum, wie in dem peripheriſchen Nervenſtſyſteme. Die Nervenkörper der Ganglien bieten ähnliche Erſcheinungen dar. Nur ausnahmsweiſe und

in verhältnißmäßig ſehr ſeltenen Fällen, welche wahrſcheinlich mit Entwickelungszuſtänden zuſammenhängen, werden zwei derſelben durch eine Commiſſur vereinigt. Sonſt liegt jede nicht nur iſolirt, ſondern iſt auch in ihr eigenes Scheidenſyſtem eingebettet. Vermuthlich kehrt noch das Gleiche bei den centralen Nervenkörpern und deren Elementen wieder, obgleich hier die Zartheit der Theile und die Schwierigkeit der vollkommen genauen Beobachtung derſelben jedes beſtimmte allgemeinere Urtheil unmöglich macht.

Dieſe Eigenthümlichkeit der durchgreifenden gegenſeitigen Verbindung 1304
im Blutgefäß- und der Iſolation in dem Nervenſyſteme erklärt ſich aus den phyſiologiſchen Beſtimmungen der beiden Apparate. Wenn auch die Blutmaſſe, welche die Galle abſondern ſoll, eine andere Beſchaffenheit als diejenige, welche die Muskeln zu ernähren hat, beſitzen muß, ſo kann doch ſchon dieſe Differenz durch die Vereinigung der verſchiedene Blutarten führenden Gefäßſtämme der Leberarterie und der Pfortader erzielt werden. Vielfache Mittel, um die einzelnen Theile möglichſt nutzbar zu machen, ſind ſogar auf dieſem Wege gegeben. Das Blut z. B., welches nicht mehr die Häute des Darmes zu beleben vermag, kann noch, mit arteriellem vermiſcht, zur Gallenbereitung dienen. Soll dagegen das Nervenſyſtem jeden empfindlichen oder beweglichen Theil des Organismus zweckmäßig beherrſchen, ſo müſſen auch alle von ihm ausgehenden oder zu ihm gelangenden Nervenfäden iſolirt verlaufen. Nur auf dieſe Weiſe kann jede Stelle, welche den Bezirk einer Nervenfaſer darſtellt, ſeinen entſprechenden Repräſentanten im Gehirn haben. Fände eine Verſchmelzung, wie bei den Blutgefäßen, nach dem Centrum hin Statt, ſo könnte eine Wirkung des Gehirnes auf keinen einzelnen Punkt, ſondern nur auf eine Summe derſelben bezogen werden. Die geregelte Herrſchaft des Nervenſyſtemes ſetzt daher eine möglichſt ſcharfe Localiſation, d. h. eine vollkommene Iſolation der verbindenden, ſo wie der empfangenden oder anregenden nervöſen Elemente voraus. Daß aber nichts deſtoweniger gegenſeitige Combinationen und gleichzeitige Thätigkeiten verſchiedener Gebilde durch Nebenmomente zu Stande kommen können, verſteht ſich von ſelbſt.

Es ergiebt ſich aus dieſen Verhältniſſen, daß das centrale Nerven- 1305
ſyſtem, ſofern es den einzigen Mittelpunkt aller nervöſen Thätigkeiten bildet, Repräſentanten der Nerven der ſämmtlichen Gebilde des Körpers enthalten muß. Das Geſpinnſt, welches die verſchiedenen Parthien des Organismus durchzieht, läuft aber nicht bloß in dieſem Brennpunkte zuſammen, ſondern alle ſymmetriſchen Anordnungen, welche den peripheriſchen Elementen zukommen, wiederholen ſich entweder in einer Strecke der centralen Vertheilung der entſprechenden Nervengebilde oder werden wenigſtens durch die Kräfte derſelben zu harmoniſchen Wirkungen geſchickt gemacht. Es entſtehen auf dieſe Art ſowohl in dem centralen wie in dem peripheriſchen Nervenſyſteme einzelne Gruppen, welche aus einer ſymmetriſchen Vertheilung beſtimmter wirkſamer Nervengebilde hervorgehen. Hierher gehört z. B. die Thatſache, daß ſich nur ſenſible Faſern in den hinteren und bloß motoriſche in den vorderen Rückenmarkswurzeln ſo wie ſolche mit beſtimm-

ter ſpecifiſcher Senſualitätsempfindung in den N. N. olfactoriis, opticis, acusticis anſammeln, daß die linke Seitenhälfte des großen oder kleinen Gehirns relativ die bedeutendſte Menge von Primitivfaſern der rechten Körperhälfte aufnimmt u. dgl. mehr.

1306 So verſchieden aber auch die äußeren Formen der einzelnen Partbieen des Nervenſyſtemes ſein mögen, ſo reduciren ſich doch immer die in ihm vorkommenden weſentlichen Elemente auf zwei Hauptgewebetheile. Das freie Auge unterſcheidet ſie im Allgemeinen als weiße und gefärbte Subſtanz im centralen und als Nerven- und Gangliengebilde im peripheriſchen Nervenſyſteme. Das Mikroſkop ſondert ſie genauer und gründlicher in Nervenprimitivfaſern und Nervenkörper oder Ganglien- oder Belegungskugeln. Während jene einförmiger ſind und ſich höchſtens durch ihre queren Durchmeſſer und ihre äußeren Umhüllungsbildungen von einander unterſcheiden, ſonſt dagegen überall dieſelbe Einfachheit und die gleiche Beſchaffenheit ihres Inhaltes darbieten, zeigen die Nervenkörper nicht bloß in Betreff ihrer Größe, ſondern auch ihrer Geſtalt, Conſiſtenz und der conſtituirenden Elemente die weſentlichſten Differenzen, ſo daß ſie unzweifelhaft bei fortſchreitendem Studium in eine Reihe verſchiedener Klaſſen werden geſondert werden müſſen. Dieſe größere Mannichfaltigkeit der materiellen Verhältniſſe deutet auch auf eine bedeutendere Variation der Kräfte hin, und in der That läßt ſich auch in dieſer Beziehung nach den gegenwärtig vorliegenden Erfahrungen der Nervenphyſiologie eine Anſicht aufſtellen, welche wenigſtens im Allgemeinen den eben erwähnten Verhältniſſen entſpricht.

1307 Wenn z. B. eine Hautſtelle gereizt wird, ſo muß ſich das Irritament, oder ein durch daſſelbe erzeugtes Aequivalent mittelſt der entſprechenden ſenſiblen Faſern bis zum Gehirn fortpflanzen, ſobald die Einwirkung empfunden werden ſoll. Will ich einen Muskel bewegen, ſo wird es zur unerläßlichen Vorbedingung, daß der Impuls meines Geiſtes oder die Wirkung deſſelben die motoriſche Faſer von dem centralen Nervenſyſteme aus durchſtrömt und auf dieſe Art zu dem peripheriſchen, in dem Muskel enthaltenen Nervenende gelangt. Fehlt das Gehirn oder ſelbſt nur die graue Subſtanz, welche die Großhirnhemiſphären bekleidet, ſo iſt weder das Eine noch das Andere möglich. Wenn ein ſenſibler Reiz, z. B. des Kitzels, Bewegungen hervorruft, ſo kann dieſer bloß, wie wir in der Folge ſehen werden, bei Integrität der entſprechenden Belegungskugeln des Gehirns oder Rückenmarkes Statt finden. Halten wir uns nur an dieſe Thatſachen, ſo können wir annehmen, daß die Nervenkörper vorzüglich des centralen Nervenſyſtemes die Erreger der verſchiedenartigen Empfindungen und Thätigkeiten, die Primitivfaſern dagegen die bloßen Leiter der hierbei in Bewegung kommenden Agentien ſind. Jene bieten daher auch als Gebilde, denen mannichfachere Functionen obliegen, weit größere Structurverſchiedenheiten als dieſe dar. Die gleichförmige Beſchaffenheit des Nerveninhaltes hat aber offenbar die vollkommen homogene und ununterbrochene Leitung zum Zweck.

So richtig auch dieſe Auffaſſung der Nervenprimitivfaſern als bloßer Conductoren in Betreff der ſelbſtbewußten Thätigkeiten und der Uebertra-

gung der Wirkſamkeit einer Primitivfaſer auf die einer heterogenen iſt, ſo wenig läßt ſich jener Satz durchführen, wenn man ſich bloß an die einzelnen Energieen der Nervenfaſern allein hält. Haben wir z. B. den Hüftnerven eines Thieres vor einigen Tagen durchſchnitten, ſo iſt natürlich hierdurch die Verbindung mit den entſprechenden centralen Nervenkörpern unterbrochen. Das Thier wird daher, ſo lange keine Wiedererzeugung Statt findet, nach den §. 583 erläuterten Geſetzen außer Stande ſein, die correſpondirenden Muskeln willkürlich zuſammenzuziehen. Reizen wir aber das peripheriſche Stück des Nerven, ſo erfolgt nicht nur eine Contraction, ſondern die Kraft der gelähmten Muskeln kann bei dem Froſche ſelbſt beinahe vier Tage nach der Operation, wie ſchon oben S. 191 angegeben worden, faſt die gleiche Laſtwirkung wie die der ſymmetriſchen geſunden Theile entwickeln. Unter dieſen Verhältniſſen bleiben nur zwei Vorſtellungen möglich. Entweder behalten die Nervenprimitivfaſern, ſelbſt wenn ſie von ihren Nervenkörpern getrennt ſind, ihre Ladung eine Zeit lang bei. Oder ſie ſelbſt können in ihrem iſolirten Zuſtande ſo viel Nervenagens anhäufen, daß ſie die Muskeln zu entſprechenden Reactionen nach jedem gehörig ſtark einwirkenden Reize veranlaſſen. Der Umſtand, daß Uebung in der Zuſammenziehung der entſprechenden Muskelgebilde die Kraft der durchſchnittenen Nervenfaſern länger andauern läßt (§. 665), ſcheint eher für, als gegen eine ſolche ſelbſtſtändige Thätigkeit der nervöſen Faſern zu zeugen.

Wir können aber beiderlei Thatſachen durch eine einfache Hypotheſe unter Einem Geſichtspunkte ohne Widerſpruch verbinden. Wenn eine Primitivfaſer eine Leitung vermittelt, ſo muß in ihr eine Fortpflanzung irgend einer Wirkung Statt finden. Schon die Alten bezeichneten dieſes mit dem Namen der Circulation der Nervengeiſter oder der Nervenkraft. In neuerer Zeit belegte man es, durch die Analogie mit dem Lichte geleitet, mit der Benennung der Oscillationen des Nervenäthers. Nehmen wir nun an, daß dieſe Schwingungen durch die Natur der Nervenſubſtanz ſelbſt bedingt werden, ſo wird ihre Exiſtenz an die Integrität der letzteren gebunden ſein. Iſt daher auch eine Nervenfaſer durchſchnitten, ſo muß ihr peripheriſcher Theil, ſo lange ſein Inhalt unverändert bleibt, jeden Reiz durch Nervenätheroscillationen beantworten. In der That werden wir auch in der Folge ſehen, daß das Aufhören der Reizbarkeit getrennter Nervenſtücke mit einer materiellen Desorganiſation verbunden iſt. Dieſe Nervenätheroscillationen aber, welche ſich bis zu dem peripheriſchen oder dem centralen Ende der Primitivfaſer fortpflanzen, ſind an und für ſich noch keine ſpecielle Energie, noch keine Empfindung oder Bewegung. Sie wirken vielmehr nur als Reiz, welcher die eigenthümlichen Thätigkeiten der ihnen entſprechenden Endgebilde hervorruft. Stoßen ſie daher den anatomiſchen Verhältniſſen ihrer Faſern entſprechend, ſobald ſie in centrifugaler Richtung fortgehen, auf Muskelfaſern, ſo werden dieſe zur Zuſammenziehung angeregt. Treffen ſie dagegen, wenn ſie in centripetalem Gange vorwärts ſchreiten, ihre entſprechenden Nervenkörper im Gehirn, ſo wird je nach Verſchiedenheit der Theile eine ſenſuelle oder ſenſible

Auffaſſung bedingt. Wenn daher nach der Entfernung der grauen Subſtanz der Großhirnhemiſphären die Empfindung und das Selbſtbewußtſein mangeln, ſo iſt dieſes nur das Gleiche, wie wenn eine motoriſche Faſer nach Zerſtörung der Muskeln keine Zuſammenziehung mehr bedingt. Die correſpondirenden Nervenkörper verhalten ſich daher wie die peripheriſchen Organe. Beide ſpecialiſiren erſt nach ihren individuellen Verhältniſſen die Wirkungen der Nervenätheroscillationen, welche ſich bis zu ihnen fortpflanzen.

Halten wir aber dieſe Anſchauung feſt, ſo erklärt ſich leicht, weshalb die ſenſibeln und motoriſchen Nervenfaſern keine weſentlichen Unterſchiede ihres Baues darbieten. Denn daß in jenen mehr ſchmale, in dieſen breitere Durchmeſſer vorherrſchen, vermag, wenn es ſelbſt als ſicher angenommen werden könnte, keine Grunddifferenz zu bedingen. Wenn aber die Nervenätheroscillationen ſelbſt erſt durch ihre peripheriſchen Anfangs- oder Endtheile individualiſirte Thätigkeiten der Empfindung oder Bewegung hervorrufen, ſo muß der Nerveninhalt der gleiche bleiben, ungefähr wie dieſelben als Elektroden dienenden Kupferdrähte aus Waſſer, Sauerſtoff und Waſſerſtoff, aus einer Salzlöſung dagegen Säure und Alkali frei machen. Die einzelnen Energieen ſelbſt kämen nur den peripheriſchen Anfangs- oder Endgebilden zu, und auf dieſe Weiſe könnte z. B. die Contractilität eine inhärente Eigenſchaft der Muskelfaſern ſein, während nur die Aetherſchwingungen der motoriſchen Nerven gleich jedem anderen Reize auf ſie einwirkten (§. 665).

Dieſe Hypotheſe liefert uns aber eine neue Analogie zwiſchen dem Blutgefäß- und dem Nervenſyſteme. Das Blut bildet die allgemeine Mutterlauge der Ernährungsflüſſigkeit und jedes einzelne Gewebe zieht aus ihr die ſeinen materiellen Verhältniſſen entſprechenden Stoffe an. Die letzte Auswahl wird mithin durch die Elemente der Organe ſelbſt bedingt. Auf gleiche Weiſe würden die Nervenätheroscillationen den allgemeinen Reiz abgeben, deſſen Specialiſirung zu einzelnen beſtimmten Energieen dagegen den correſpondirenden peripheriſchen Anfangs- oder Endtheilen überlaſſen bleibt.

1308 Die Natur des in den Nervenfaſern während ihrer Leitungsthätigkeit ſtrömenden Principes oder der Oscillationen, welche unter dieſen Verhältniſſen zu Stande kommen, iſt uns noch völlig unbekannt. Zahlreiche Forſcher älterer und neuerer Zeit bemühten ſich, die Hypotheſe, daß das Nervenfluidum mit dem elektriſchen identiſch ſei, zu erhärten. Allein alle ſolche Verſuche und Beobachtungen fallen vor einer irgend genauen Kritik. Schon eine einfache längſt bekannte Thatſache kann uns deutlich zeigen, daß der Nervenäther und die Elektricität verſchiedene Agentien ſein müſſen. Wäre dieſes nicht der Fall, ſo müßte ein elektriſcher Strom unter allen Verhältniſſen das Nervenfluidum verſtärken, wo nicht erſetzen können und mithin Nerventhätigkeit anregen. Dieſes findet jedoch nicht Statt. Die Reizbarkeit wird durch zu raſch auf einander folgende elektriſche Anregungen ohne beſonders wahrnehmbare materielle oder chemiſche Veränderungen des Nerveninhaltes erſchöpft. Ja das ſchon §. 651 erläuterte Geſetz der

voltaiſchen Alternative zeigt uns deutlich, daß es nur die Stromesrichtung iſt, welche die Lähmung bedingt.

Die Verhältniſſe der elektriſchen Fiſche beweiſen denſelben Satz auf einem anderen Wege. Der Schlagapparat des Zitterrochens beſteht aus einer bedeutenden Menge von polygonalen Säulen, welche durch faſerige Scheidewände von einander getrennt werden. Jede von ihnen enthält eine Menge querer, durch eine eiweißartige Flüſſigkeit geſonderter Platten, und in dieſen verbreiten ſich die Endnetze der elektriſchen Nerven, durch deren Thätigkeit die Entladung der elektriſchen Batterie zu Stande kommt. Sie liegen horizontal, ſo daß auch die Nervenſtrömung wagerecht von einer Seite zur andern oder von vorn nach hinten verläuft. Der elektriſche Strom dagegen geht, wie Verſuche gelehrt haben, von dem Rücken nach dem Bauche, d. h. ſo daß er die Nervenſtrömung ſenkrecht durchſchneidet. Bei dem Zitteraale ſtehen die Platten der Schlagorgane perpendiculär, während die Säulen ſelbſt horizontal liegen. Hier verläuft dann auch der elektriſche Strom dieſen Verhältniſſen entſprechend von dem Kopfe nach dem Schwanze, d. h. wiederum ſo, daß er ſich mit der Nervenſtrömung rechtwinklig kreuzt. Schon dieſe Verſchiedenheit zeigt deutlich, daß nicht beide Agentien daſſelbe ſein können. Hätte eine ſolche Identität Statt gefunden, ſo wäre die Natur nicht genöthigt geweſen, beſondere elektriſche Apparate bei den genannten Fiſchen herzuſtellen, ſondern würde ſchon durch eine bloße Vervielfältigung der Nervenſtrömungen ihren Zweck erlangt haben.

So weit die bisher bekannten Erfahrungen reichen, vermag die in Cirkulation befindliche Elektricität die Bewegung des Nervenfluidums anzuregen, während bis jetzt noch nicht das Umgekehrte, wenn man die elektriſchen Fiſche ausnimmt, dargethan werden konnte. Dieſer Umſtand berechtigt uns daher ſelbſt nicht, als gewiß, ſondern höchſtens vermuthungsweiſe anzunehmen, daß das Nervenfluidum und die Elektricität in demſelben Verhältniſſe, wie Elektricität und Magnetismus zu einander ſtehen. Denn die ſenſiblen und motoriſchen Erſcheinungen, welche durch die Einleitung elektriſcher Ströme bedingt werden, können auch dadurch zu Stande kommen, daß die letzteren chemiſche Minimalveränderungen des Nerveninhaltes veranlaſſen oder überhaupt als Reize wirken. (Vgl. §. 116.)

Die vorzüglichſten Täuſchungen, welche zu den angeblichen Identitätsbeweiſen der Elektricität und des Nervenfluidums Veranlaſſung gaben, laſſen ſich auf folgende Punkte reduciren. 1) Man bemerkte, daß ſehr feine Fäden von der Subſtanz des Gehirns oder Rückenmarkes oder ſelbſt der Nerven angezogen werden und ſich gleichzeitig krümmen (Jobert, Lembert). Allein dieſe ganze Sache reducirt ſich auf eine hygroſkopiſche Erſcheinung, die auch an anderen bloßgelegten Organen wiederkehrt. 2) Man legte die beiden Drähte eines Galvanometers an Nerv und Muskel oder an den Nerven allein und bemerkte nun, wie ſich von ſelbſt verſteht, Abweichungen der Magnetnadel, weil eine Berührung verſchiedener Subſtanzen und mithin eine chemiſch-elektriſche Spannung Statt fand. Sind die beiden Elektroden im Nerven unbeweglich befeſtigt, ſo bleibt die Nadel, wenn ſie einmal ſtill geſtanden, ruhig, es mag eine Nervenätheroscillation erregt werden oder nicht. Höchſtens erhält man an ſehr empfindlichen Inſtrumenten Minimalabweichungen von 1°, welche durch die geringſten Verrückungen oder anderweitige unabweisliche Störungen veranlaßt werden können. Dieſe Reſultate ändern ſich nicht, es mögen die Elektroden den Primitivfaſern parallel liegen oder ſie unter rechten Winkeln durch-

ſchneiden. 3) Sticht man eine feine Stahlnadel in einen Muskel und umgiebt ſie mit leichten Eiſenfeilſpähnen, ſo ſollen ſich dieſe wie durch den Einfluß eines Magneten ordnen, ſobald eine Zuckung Statt findet (Prevoſt). Ein ſolches Ergebniß hat ſich aber bei ſpäteren wiederholten Verſuchen nicht dargeſtellt. In dieſelbe Kategorie gehört die in neueſter Zeit (von Thilorier)[1]) gemachte Angabe, daß ein Stab weichen Eiſens magnetiſch werde, wenn man ihn auf die Stirn, die Magengegend oder die Hand aufſtellt und nun eine kräftige Willensregung hervorruft. Ohne die letztere dagegen ſoll keine Wirkung erfolgen. Eben ſo wenig beweiſt, daß der Magnet eines Gaußiſchen Apparates durch die Contraction eines in ſeiner Nähe befindlichen Armmuskels in Bewegung geräth. Ueber alle dieſe negativen Erfahrungen ſiehe R. Wagner's Handwörterbuch der Phyſiologie. Bd. I. Braunſchweig, 1842. 8. S. 299—309. Vergl. auch F. A. Longet Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertèbrés. Tome I. Paris, 1842. 8. p. 120—144. und C. Matteucci Traité des Phénomènes electro-physiologiques des animaux suivi d'études anatomiques sur le système nerveux et l'organe electrique de la Torpille par Paul Savi. Paris, 1844. 8. p. 252—64.

Die von italieniſchen Phyſikern in die Wiſſenſchaft eingeführten Ausdrücke des Muskelſtromes und des eigenthümlichen Stromes des Froſches können endlich noch leicht zu den Vermuthungen Veranlaſſung geben, daß man es hier mit Lebenserſcheinungen, die mit den Thätigkeiten des Nervenſyſtemes in Verbindung ſtehen, zu thun habe. Allein alle Verhältniſſe dieſer Phänomene zeigen aufs Klarſte, daß die Urſachen derſelben chemiſch-elektriſche Wirkungen ſind, auf welche die Nervenfunctionen nicht den geringſten directen Einfluß ausüben.

Wird nämlich das Innere eines Muskels mit der Außenfläche deſſelben durch einen Leiter in Verbindung geſetzt, ſo entſteht ein galvaniſcher Strom, ein ſogenannter Muskelſtrom, der von dem Innern nach der Außenſeite verläuft (Matteucci)[2]) und ſich ſowohl am Galvanometer, als durch ſeine phyſiologiſchen und chemiſchen Wirkungen zu erkennen giebt. Um ſich z. B. hiervon ſogleich zu überzeugen, bringe man einen ganz friſchen reizbaren Froſchſchenkel in eine Glasröhre, ſo daß der Nerve heraushängt, und lege den letzteren an die bloße Außenfläche eines Muskels. Man erhält dann gar keine oder ſchwächere Zuckungen als wenn der Nerve zum Theil die äußere Oberfläche und zum Theil den Querſchnitt oder die Sehne des Muskels berührt. Der elektriſche Gegenſatz, welcher dieſen Erſcheinungen zum Grunde liegt, findet zwiſchen der Außenfläche des Muskels und den Innengebilden deſſelben Statt, — ein Geſetz, welches ſich ſogar auf jede einzelne Muskelfaſer ausdehnt, ſo daß die Verbindung ihrer Oberfläche mit ihren Schnittflächen ſchwache elektriſche Spannungen bedingt. Aehnlich verhalten ſich auch in dieſer Beziehung die Peripherie und das Innere oder der Querſchnitt der Nerven. Die Sehnen zeigen zu den Außenflächen der Muskeln den gleichen Gegenſatz, wie das Innere derſelben zu ihnen (du Bois-Reymond)[3]). Daß dieſe Erſcheinungen in keiner directen Weiſe von den lebenden Thätigkeiten des Nerven abhängen, beweiſt ihre Unveränderlichkeit nach Zerſtörung aller Nervenſtämmchen, welche in einen Muskel eintreten und ſelbſt ihre Permanenz in einzelnen Muskelfaſerbündeln, die keine Nervenfaſern mehr unter dem Mikroſkope darbieten[4]).

Der Muskelſtrom verſchwindet einige Zeit nach dem Tode und kann dann nicht mehr in ſeiner beſtändigen Weiſe durch Befeuchtung mit Waſſer hervorgerufen werden. Höhere Thiere, wie Kaninchen und Vögel, verlieren ihn eher als Fröſche[5]). Nur bei dieſen, nicht aber bei jenen wird er durch anhaltende Kälte herabgeſetzt[6]). Erſchlaffung, ſchlechte Conſtitution des Thieres, tetaniſche Krämpfe oder die Todtenſtarre vermindern ihn oder heben ihn gänzlich auf. Er verändert ſich durch narkotiſche Gifte auf keine weſentliche Art[7]), erhöht ſich dagegen in Sauerſtoff oder durch die Berührung der At-

---

[1]) L'Institut 1844. Nro. 547. p. 211. [2]) a. a. O. p. 51.

[3]) Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. Bd. LVIII. Leipzig, 1843. S. S. 1—30.

[4]) Matteucci a. a. O. p. 78. du Bois-Reymond a. a. O. S. 5.

[5]) Matteucci a. a. O. p. 71. [6]) Ebendaselbst p. 75.

[7]) Ebendaselbst p. 78—82.

moſphäre und verliert ſich ſchnell durch Schwefelwaſſerſtoff. Alle dieſe Thatſachen ſcheinen darauf hinzudeuten, daß hierbei eine Oxydation der lebenden oder reizbaren Muskelſubſtanz eine Rolle ſpiele [1]).

Taucht man ein Froſchpräparat mit ſeinen beiden Enden in zwei Gläſer ein und verbindet ſie mit dem Galvanometer, ſo erhält man häufig, jedoch keineswegs immer [2]) einen Strom, der centripetal, d. h. von den Füßen nach dem Kopfe geht und den man mit dem Namen des eigenthümlichen Stromes des Froſches bezeichnet. Alle ſeine Eigenſchaften ſtimmen mit denen des eben erwähnten Muskelſtromes überein. Er verſtärkt ſich durch Entfernung der Haut und den auf dieſe Weiſe verurſachten bedeutenderen Contact der Atmoſphäre, bleibt dann noch größer, wenn man wieder die Haut über die Muskeln gezogen hat [3]) und iſt auch vom Nervenſyſteme total unabhängig. Ja ſogar die Nerven bewähren ſich auch an ihm als keine Leiter beſter Art und können noch durch ihr geringes Volumen den Uebergang des Stromes ſchwächen [4]). Alle dieſe Thatſachen haben daher ein mehr phyſikaliſches Intereſſe und ſind nicht im Stande, Einfluß auf die Phyſiologie des Nervenſyſtemes zu gewinnen, viel weniger als Baſis von Identitätsvorſtellungen des Nervenagens und der Electricität gebraucht zu werden.

Die allgemeinen Geſetze der Nervenwirkung kehren zwar in dem pe- 1309
ripheriſchen, wie in dem centralen Nervenſyſteme in vielfacher Beziehung auf gleiche Weiſe wieder. Allein die größere Mannichfaltigkeit der Elemente und Kräfte des Gehirnes und Rückenmarkes ruft eine Reihe von weſentlichen Eigenthümlichkeiten hervor, welche dem peripheriſchen Nervenſyſteme nicht zukommen. Aus dieſem Grunde iſt es zweckmäßiger, zuvörderſt das Letztere ſeinen allgemeinen und ſpeciellen Thätigkeiten nach vollſtändig abzuhandeln, ehe wir zu dem erſten und wichtigſten unſerer Körperorgane, dem centralen Nervenſyſteme, übergehen.

A. Peripheriſches Nervenſyſtem.

Allgemeine Eigenſchaften des Nervenſyſtems. — Jede 1310
peripheriſche Primitivfaſer leitet ihren Reiz, ſo lange ſie nur in dem peripheriſchen Nerven verläuft, durchaus iſolirt und trägt ihn weder auf eine benachbarte, noch auf eine entfernte Faſer gleichartiger oder heterogener Natur über. Die Richtigkeit dieſes Grundgeſetzes ergiebt ſich für die ſenſuellen und die ſenſiblen Faſern aus einer einfachen theoretiſchen Betrachtung. Geſetzt, ab und cd ſeien zwei centripetale Nervenfaſern und ein Reiz, der an dem peripheriſchen Ende b der Faſer ab entſteht, würde nicht bloß von b nach a fortgeführt, ſondern theilte ſich auch an irgend einem Punkte e der Faſer dc mit, ſo daß er in ec fortginge, ſo wären nur zweierlei Fälle möglich. Entweder ſpränge das ganze Quantum des Reizes bei e nach dc über, ſo daß es in ec weiter verliefe und bei c allein eine entſprechende Empfindung veranlaßte. Dann müßte dieſe natürlich bei d und nicht bei

---

[1]) Matteucci p. 123—129. du Bois-Reymond S. 22.

[2]) R. Wagner's Handwörterbuch der Phyſiologie. Bd. I. Braunſchweig, 1842. 8. S. 288.

[3]) du Bois-Reymond a. a. O. S. 14. 15.

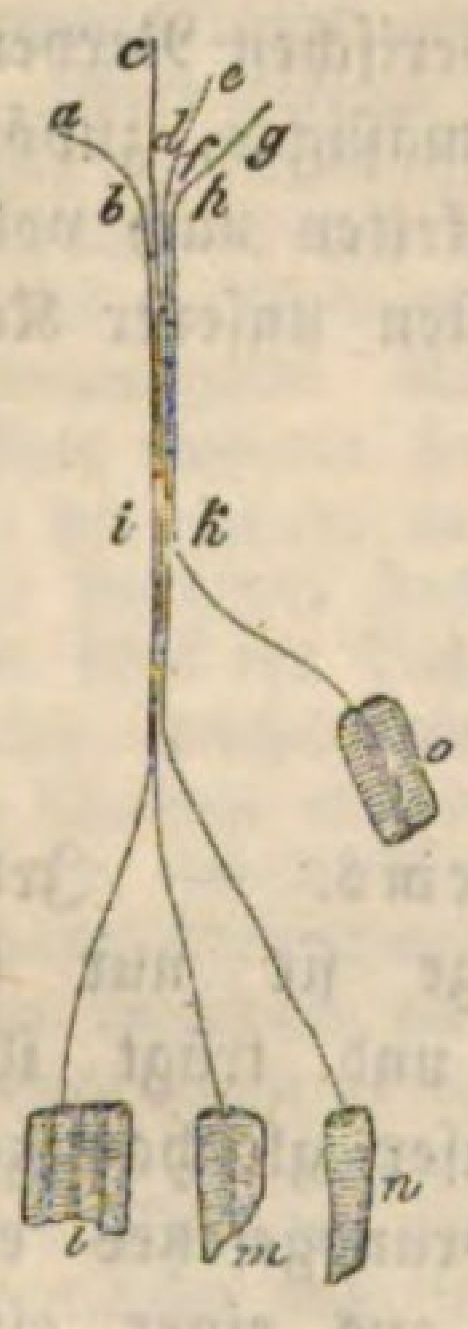
[4]) Matteucci a. a. O. p. 114.

Fig. 198.

b wahrgenommen werden. Oder ein Theil des Irritamentes geht in ea, ein anderer in ec fort. Unter dieſer Vorausſetzung würde eine Perception in b und in d entſtehen. In beiden Fällen wäre eine richtige iſolirte Auffaſſung des bei b Statt findenden Eingriffes unmöglich. Die pünktliche Wahrnehmung der Oertlichkeit der ſenſuellen oder ſenſiblen Eindrücke ſetzt daher ſchon nothwendig eine geſonderte Fortführung der Aequivalente der Reize längs der afficirten Nervenfaſer voraus. Die anatomiſche und phyſiologiſche Iſolation derſelben erſcheint mithin ſchon in dieſer Beziehung als eine durch die Vollkommenheit unſeres Organismus geforderte Einrichtung.

1311 Das Gleiche läßt ſich für die motoriſchen Nerven durch directe Verſuche beweiſen. Geſetzt, wir hätten einen größeren Nervenſtamm, z. B. den Hüftnerven des Froſches oder eines Hundes, durchſchnitten und den oberſten Theil ſeines peripheriſchen Stückes in eine Reihe möglichſt feiner Bündel ab, cd, ef und gh zerfaſert, ſo wird die mechaniſche Reizung eines jeden von ihnen, wenn ſie einen poſitiven Erfolg hat, nur ſehr begrenzte Zuckungen der entſprechenden Muskelparthieen veranlaſſen. Obgleich ſie noch alle in dem Nervenſtücke bhki neben einander liegen, ſo wirkt doch nur ab auf l, cd auf m, ef auf n und gh auf o, d. h. ihre Vereinigung in bhki hindert nicht die iſolirte Leitung des Reizes nach den entſprechenden peripheriſchen Gebilden. Man kann ſich von der Richtigkeit dieſer Thatſache an jedem Hirn- oder Rückenmarksnerven, der ſich zu quergeſtreiften, willkürlich beweglichen Muskeln begiebt, nachdem man dieſe vorher entblößt hat, leicht überzeugen.

Fig. 199.



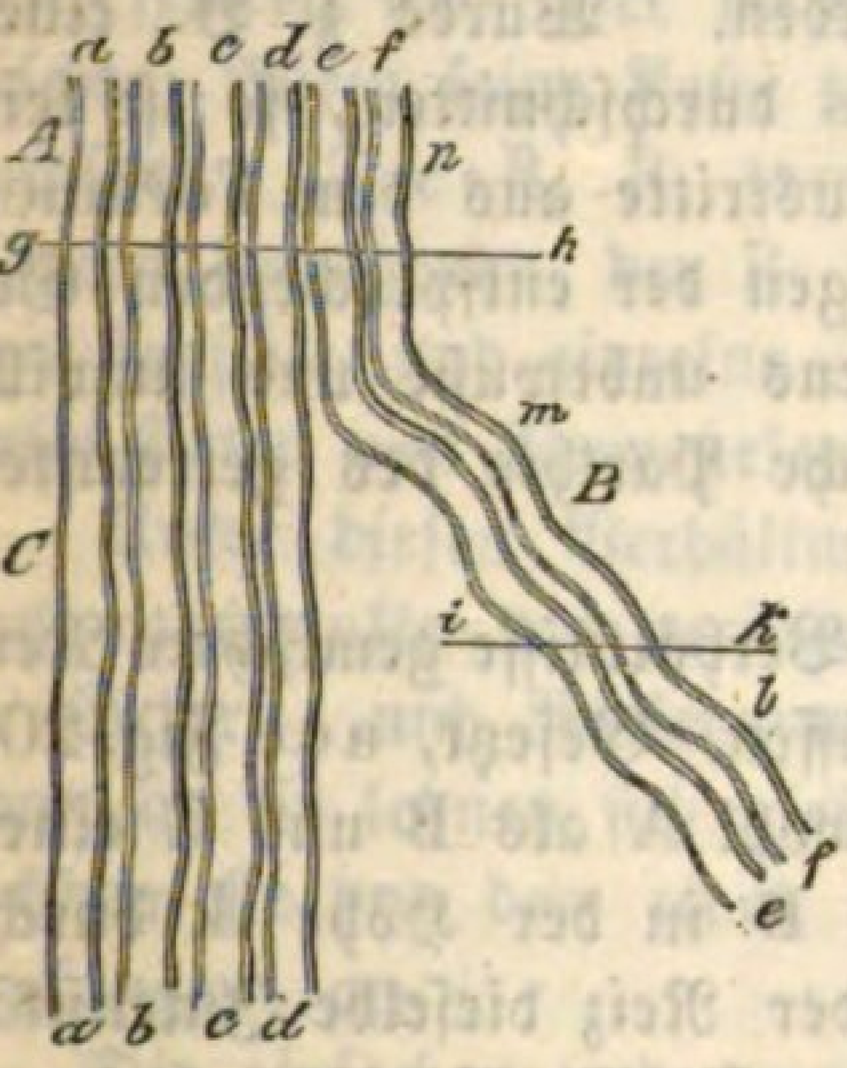
Die Nothwendigkeit der geſonderten Wirkſamkeit der motoriſchen Faſern ergiebt ſich ebenfalls ſchon theoretiſch von ſelbſt. Fände ſie nicht Statt, ſo müßte auch der Willenseinfluß auf einzelne Muskelparthieen unſeres Körpers aufhören. Denn Reizung einer Faſer ab könnte leicht l, m, n, o zur Thätigkeit anregen. Wie unzweckmäßig aber ein ſolches Verhältniß wäre, wie ſehr es die feine Berechnung der ſo vielfachen Apparate unſeres Organismus beeinträchtigen würde, bedarf keiner näheren Erläuterung.

1312 Die möglichſt vollſtändige Lokaliſation der ſenſuellen oder ſenſiblen Empfindungen und des Einfluſſes des Willens auf die bewegenden Werkzeuge des Körpers ſetzt mithin eine Iſolirtheit der Leitung bis zu dem Gehirn voraus und ſchließt daher jede ſtörende Mittheilung an andere Nervenfaſern aus. Wie wir aber in der Folge ſehen werden, iſt eine ſolche unter mannichfachen Verhältniſſen durch Vermittlung des centralen Nervenſyſtemes, nicht aber in dem Bereiche der peripheriſchen Nerven möglich. Eine Uebertragung der Art heißt dann mit dem Kunſtausdrucke

ein Reflex. Wir können daher auch das zuerſt betrachtete Grundgeſetz dahin formuliren, daß die Norm der iſolirten Leitung in allen Fällen die Thätigkeiten der peripheriſchen Nerven ausſchließlich beherrſcht, ſich auch oft längs des ganzen centralen Nervenſyſtemes erſtreckt, hier dagegen nicht ſelten durch die eingreifende Reflexthätigkeit aufgehoben oder weſentlich modificirt wird.

Gehen wir aber von dem allgemein anatomiſchen Lehrſatze aus, daß 1313
alle Verzweigungen, Anaſtomoſen und Geflechtbildungen der Nerven ihrer Weſenheit nach nur ſcheinbar ſind, daß hierbei keine wahre Spaltung oder Verbindung, wie bei den Blutgefäßen, ſondern bloß ein gegenſeitiger Zutritt oder Abgang von unveräſtelten, continuirlich fortlaufenden Primitivfaſern Statt findet, ſo können wir den Einfluß dieſer Verhältniſſe auf die Wirkungen der Nervenfaſern nach dem eben geſchilderten Geſetze leicht beurtheilen. Geſetzt, A ſei ein Nervenſtamm, der aus den Primitivfaſern a b c d e f beſteht und gebe ſpäter den Zweig B mit den Faſern e f ab, während ſeine Hauptfortſetzung die Elemente a b c d beibehält, ſo wird eine Verletzung, welche z. B. A in g h trifft, die Leitung von B und C aufheben. Sowohl centripetale ſenſuelle oder ſenſible, als centrifugale motoriſche Reize finden an der Unterbrechungsſtelle g h ein unüberſteigliches Hinderniß ihrer Fortpflanzung. Oder allgemein ausgedrückt: jede Verletzung eines Hauptſtammes eines Nerven, welche die ſämmtlichen Primitivfaſern deſſelben in ihrer Continuität ſtört, lähmt auch alle untergeordneten Verzweigungen, deren Faſern an der Verletzungsſtelle getroffen werden, ſie mögen, welche Thätigkeit ſie wollen, beſitzen. Wenn wir z. B. den ſenſiblen N. infraorbitalis unmittelbar nach ſeinem Austritte aus dem Unteraugenhöhlenloche durchſchneiden, ſo werden alle Stellen der Geſichtshaut, die von ihm verſorgt werden, nämlich Parthieen der Haut des unteren Augenlides, der äußeren Naſe, der Oberlippe und der Wange derſelben Seite unempfindlich. Eben ſo lähmt die Durchſchneidung des motoriſchen Facialis die ſämmtlichen von ſeinen Zweigen verſehenen Muskeln des Geſichts.

Fig. 200.



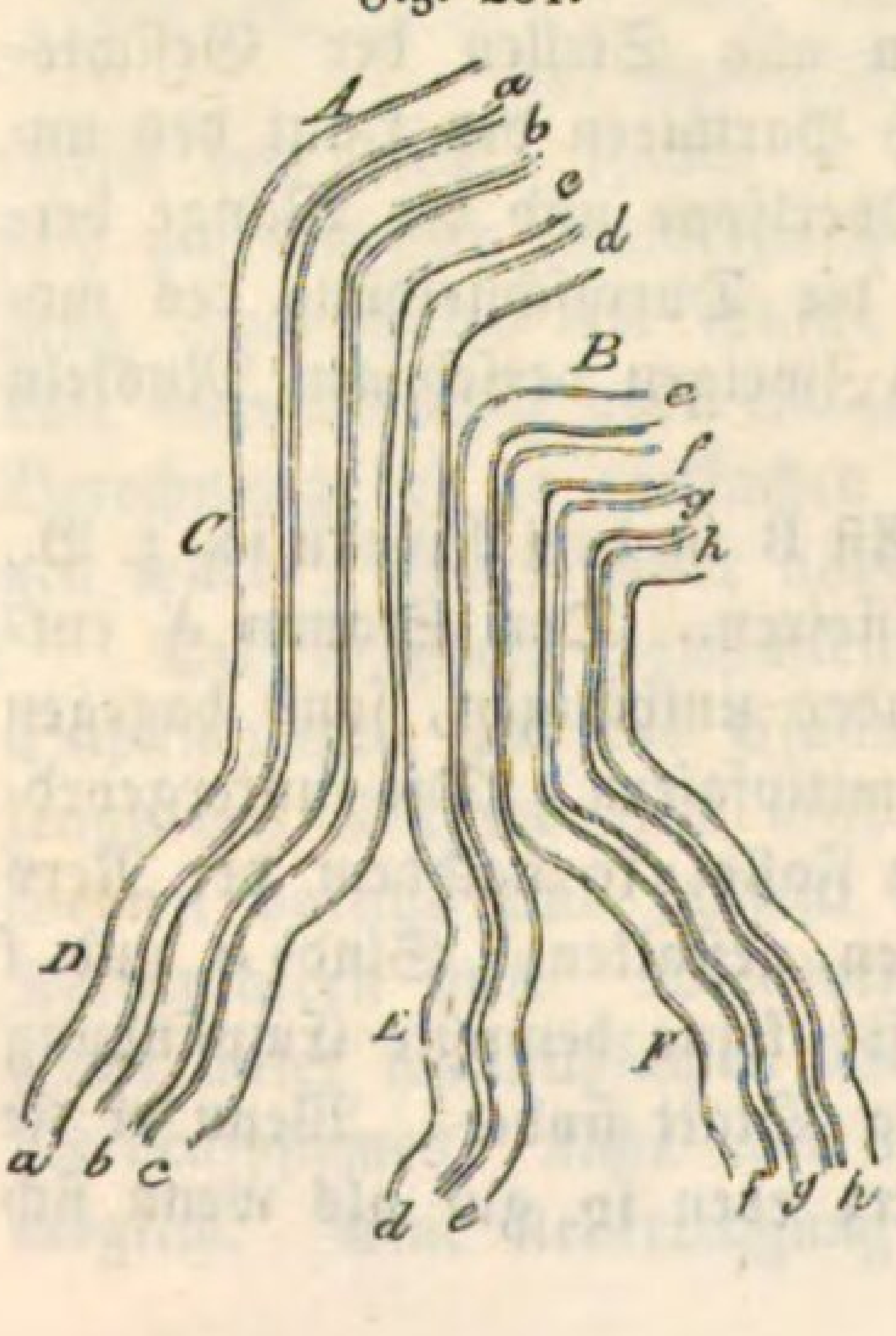
Trifft dagegen die Zerſtörung nur den Aſt B in dem Niveau i k z. B., ſo wird ſie die Faſern a b c d e gar nicht afficiren. Der Stamm A enthält dann nur die dem Zweige B entſprechenden unthätigen, ſonſt dagegen noch vollkommen normal functionirende Primitivfaſern. Die untergeordneten Verhältniſſe müſſen ſich aber in dieſem Falle, je nachdem der Nerv centripetal oder centrifugal leitet, verſchieden geſtalten. Sind e und f ſenſibel, ſo wird ein Reiz, der ſie in l trifft, keine bewußte Empfindung veranlaſſen, weil bei i k eine Unterbrechung Statt findet. Wenn er ſie dagegen in m angreift, ſo muß der Schmerz eben ſo gut als wenn ſich

noch e und f in vollkommener Integrität befänden, zur Empfindung gelangen. Eben ſo wird eine Einwirkung, welche den Nerven A im Ganzen trifft, dieſelben Folgen nach ſich ziehen, als ſei bei ik keine Verletzung angebracht worden,. weil natürlich die Leitung des Reizes von m nach den Centraltheilen durch ik nicht mehr afficirt wird. Geſetzt, wir hätten die empfindenden Oberlippenzweige des Unteraugenhöhlennerven durchſchnitten, ſo wird jede Affection deſſelben bei ſeinem Austritte aus dem Foramen infraorbitale noch eben ſo ſchmerzhaft als im geſunden Zuſtande ſein, während die entſprechende Oberlippe ſelbſt unempfindlich und die Reizung des peripheriſchen Endes der Oberlippenäſte von keiner Wahrnehmung begleitet iſt.

Sind aber abcdef motoriſche Primitivfaſern, ſo wird jedes bei n angebrachte hinreichend ſtarke Irritament nur diejenigen Muskeln, welche abcd, nicht aber die, die ef entſprechen, in Bewegung ſetzen. Der Hauptſtamm A iſt alſo in dieſer Hinſicht durch die in ik eingeleitete Verletzung um die Primitivfaſern ef gebracht worden. Wurde z. B. einer der Backenlippennerven des motoriſchen Facialis durchſchnitten, ſo iſt kein Reiz, welcher den Antlitznerven an ſeinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum trifft, im Stande, Bewegungen der entſprechenden Geſichtsmuskeln anzuregen. Sie kommen höchſtens unbewußt und unwillkürlich zu Stande, wenn man die peripheriſche Parthie des getrennten Backenlippenaſtes afficirt.

Hieraus ergiebt ſich von ſelbſt, daß ſich die Verhältniſſe gemiſchter Nerven in dieſer Beziehung verwickelter geſtalten müſſen. Geſetzt, ace Fig. 200 ſeien ſenſibel und bdf motoriſch, ſo werden ſowohl A als B und C einen gemiſchten Charakter an ſich tragen. Iſt nun B in der Höhe ik durchſchnitten worden, ſo muß ein bei n einwirkender Reiz dieſelbe Intenſität des Schmerzes, wie wenn gar keine Verletzung Statt gefunden, hervorrufen. Dagegen wird die motoriſche Reaction geringer ausfallen, weil die Primitivfaſer f den Reiz nicht mehr beantworten kann. Iſt z. B. der N. peroneus eines Menſchen aus irgend einem Grunde gelähmt worden, ſo iſt jede Affection des N. ischiadicus noch eben ſo qualvoll, wie im Normalzuſtande, obgleich der Gastrocnemius, Soleus, die Extensores quattuor digitorum et hallucis longus und brevis, der Tibialis posticus, Flexor digitorum communis, Flexor hallucis longus, Plantaris u. ſ. w. keine Bewegung bei dieſer Gelegenheit vornehmen können.

Fig. 201.



1314 Jeder größere oder kleinere Nerv kann ſeinen Charakter durch Aufnahme oder Abgabe von Primitivfaſern auf eine weſentliche Weiſe verändern. Sind z. B. abcd ſenſibel und efgh motoriſch, ſo muß der

Nervenſtamm C, welcher A und B als Wurzeltheile beſitzt, einen gemiſchten Charakter an ſich tragen. Dagegen wird von ſeinen drei Aeſten D rein ſenſibel, F einzig und allein motoriſch und E gemiſcht erſcheinen. Es können daher gemiſchte Nerven, indem ſie z. B. alle ihre ſenſiblen Faſern in einer Zweigbildung austreten laſſen, rein motoriſch oder umgekehrt werden.

Wird nun der Wurzeltheil A durchſchnitten, ſo verliert der Stamm C nur ſeine empfindenden oder nach der bloßen Trennung von B einzig und allein ſeine bewegenden Eigenſchaften. Der erſtere Eingriff lähmt nur den Zweig D gänzlich und E theilweiſe, während F unverändert bleibt. Bei der Durchſchneidung von B dagegen betheiligt ſich nur F vollkommen, E unvollſtändig und D gar nicht. Wir werden z. B. bei den Specialthätigkeiten der peripheriſchen Nerven kennen lernen, daß die kleinere Portion des dreigetheilten Nerven motoriſch, der Antheil der größeren hingegen, welcher mit ihr den dritten Aſt des Trigeminus zuſammenſetzen hilft, ſenſibel iſt. Der Ramus tertius N. trigemini wird auf dieſe Art gemiſcht. Allein ſeine Aeſte trennen wiederum dieſe Verbindung der Primitivfaſern. Die R. R. temporales, pterygoidei und der massetericus nehmen bewegende, der R. temporalis superficialis, lingualis und alveolaris ſenſible und einzelne Zweige, wie z. B. der R. mylohyoideus beiderlei Arten von Nervenelementen in ſich auf.

Unter dieſen Verhältniſſen aber müſſen die Thätigkeiten der erſten Ausgangspunkte des peripheriſchen Nervenſyſtemes, nämlich der Wurzeln der Gehirn- und Rückenmarksnerven eine beſondere Wichtigkeit erhalten. Denn an ſie lehnen ſich gleichſam die Functionen der übrigen Nerven, je nachdem ſie von dem einen oder dem anderen Wurzelgebilde Primitivfaſern empfangen, an.

Die einfachen und wechſelſeitigen Anaſtomoſen, ſo wie die Geflechte 1315
bedingen ebenfalls mehrere Eigenthümlichkeiten der Nervenwirkungen und machen die ferneren Verzweigungen ihrer Aeſte bis zu einem gewiſſen Grade von den urſprünglichen Stämmen unabhängig. Geſetzt, der eine

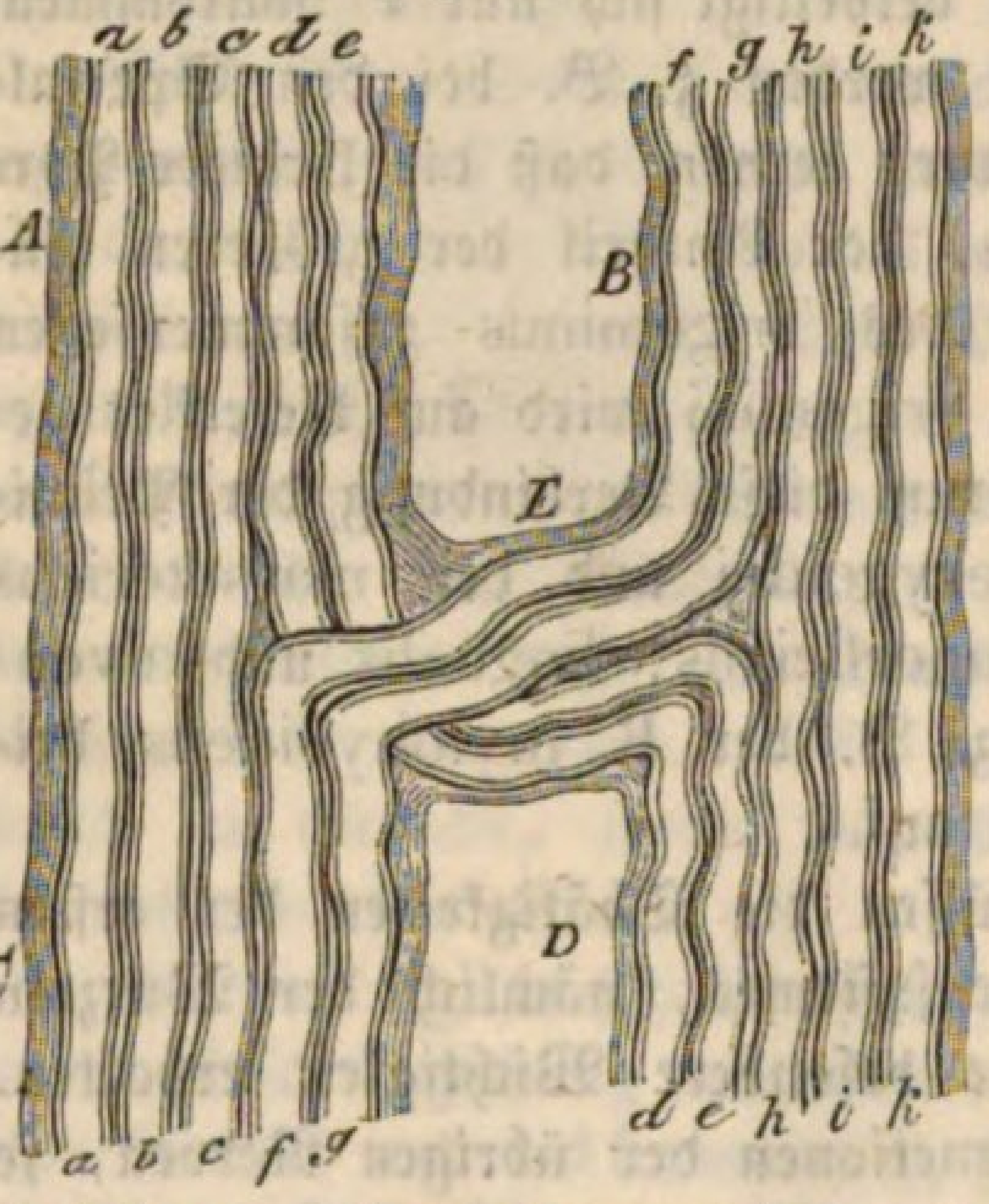
Fig. 202.

Nervenſtamm A, der an und für ſich aus den Primitivfaſern a b c, und ein zweiter B, der aus d e f g beſteht, verbinden ſich mit einander durch eine einfache Anaſtomoſe E, ſo beſteht dieſes darin, daß ſich die Faſern d e von B in E zu A begeben. Wird A durchſchnitten, ſo afficirt dieſes C theilweiſe und D gar nicht. Jede Verletzung von B dagegen wirkt auf D vollkommen, auf C dagegen unvollſtändig. Hätten A und B dieſelbe ſenſible oder motoriſche Thätigkeit, ſo müßten auch C und D den gleichen Charakter behaupten. Wäre aber A ſenſibel und B motoriſch, ſo würde C gemiſcht werden, D dagegen ſeinen rein motoriſchen Charakter beibehalten. Der Antlitznerv z. B. iſt bei ſeinem Austritte aus dem Hirnknoten motoriſch,

anaſtomoſirt aber, bis er zu dem Foramen stylomastoideum herauskommt, ſowohl mit Aeſten des N. trigeminus als mit ſolchen des N. vagus und wird hierdurch in geringem Grade gemiſcht. Seine Lähmung in der Schädelhöhle ruft daher nur Paralyſen von Bewegungen, diejenige dagegen, welche erſt unter dem Ohre beginnt, noch einzelne locale Gefühlsſtörungen überdies hervor.

1316 Während ſich aber nur der eine Nerv bei der einſeitigen Anaſtomoſe in ſeinem Charakter verändern kann, iſt die wechſelſeitige im günſtigſten Falle im Stande, auf beiderlei Stämme einzuwirken. Wenn z. B. A aus abcde und B aus fghik beſteht und die wechſelſeitige Anaſtomoſe E durch den Austauſch der Faſern de und fg zu Stande kommt, ſo muß die Durchſchneidung von A oder von C den Stamm C, ſo wie den D theilweiſe afficiren. Jede Affection von C oder von D greift ſowohl nach A als nach B rückwärts, ſo daß auf dieſe Weiſe ein einziger Nervenzweig eine mehrfache Wurzelbeziehung erhält. Aus dieſen Gründen betheiligen ſich z. B. alle Wurzeln der Nerven des Hüftgeflechtes ſowohl bei dem N. cruralis als dem N. ischiadicus. Sind A und B rein ſenſible oder rein motoriſche Nerven, ſo müſſen auch C und D dieſe Thätigkeiten wiederholen. Sie werden aber beide nothwendiger Weiſe gemiſcht ſein, wenn A ein centripetaler und B ein centrifugaler Stamm iſt, oder umgekehrt. Der N. infraorbitalis vermittelt z. B. die Empfindungen, der N. facialis die Bewegungen des größten Theiles des Geſichtes. Allein jeder irgend ſtärkere Aſt der Nervengeflechte des Antlitzes erſcheint gemiſcht, weil in ihm eine wechſelſeitige Anlagerung der Primitivfaſern der beiden genannten Nerven Statt findet. Natürlicher Weiſe können die ferneren Verzweigungen dergeſtalt zerfallen, daß wiederum rein ſenſible oder rein motoriſche Aeſtchen reſultiren oder die ſecundäre Miſchung mehr oder minder beibehalten wird.

Fig. 203.



In den Geflechten vervielfältigt ſich dieſer gegenſeitige Austauſch der Primitivfaſern verſchiedener Nerven. Die offene Plexusbildung unterſcheidet ſich übrigens nicht in allen dieſen Verhältniſſen von derjenigen, deren Maſchenräume durch Nervenkörper ausgefüllt ſind und die wir dann mit dem Namen des gangliöſen Plexus oder der Ganglien bezeichnen.

Verſuche, welche die eben geſchilderten Geſetze der iſolirten Leitung anſchaulich machen, laſſen ſich an jedem Thiere anſtellen. Vorzüglich gut eignet ſich der Froſch zu Beobachtungen der Art. Man enthauptet ihn und entfernt nach Zerſtörung des Rückenmarkes alle Eingeweide und die Haut der beiden hinteren Extremitäten. Das auf dieſe Art freigelegte Hüftgeflecht beſteht in der Regel aus 4 Nervenſtämmen, dem N. inguinalis a, dem N. cruralis b, dem N. ischiadicus c und dem N. pudendus d. Reizt man a mechaniſch oder chemiſch, ſo zucken meiſtentheils nur der Iliacus, Pectineus, die Adductores

und Tensor fasciae latae. Nach der gleichen Einwirkung auf b ziehen ſich vorzüglich die Oberſchenkelmuskeln, beſonders diejenigen, welche an der Außenſeite gelegen ſind, zuſammen, während die Muskeln des Unterſchenkels und vor Allem die der Hinterſeite ſchwächere Convulſionen darbieten.

Fig. 204.

Wird c angegriffen, ſo gerathen die Bewegungsorgane des Unterſchenkels und des Fußes in lebhafte Thätigkeit, während endlich d auf keine bedeutendere Muskelmaſſe der Extremität wirkt. Iſt a im Leben des Thieres verletzt worden, ſo wird dadurch die Anziehung des Hinterfußes an den Unterleib geſtört. Die Trennung von b lähmt den Ober- und zum Theil den Unterſchenkel in auffallendem Maaße. Allein erſt die von a, b und c zugleich macht die ganze Extremität paralytiſch. Dieſe und andere zahlreiche Verſuche über verſchiedene Geflechtverbindungen finden ſich angegeben in J. van Deen de differentia et nexu inter Nervos vitae animalis et vitae organicae. Lugd. Batav. 1834. 8. p. 26 fgg. und H. Kronenberg Plexum nervorum structura et virtutes, disquisitionibus anatomicis, microscopicis et experimentis comprobatae. Berolini 1836. 8. p. 99 fgg.

Die iſolirte Leitung der Primitivfaſern ſpielt auch eine Hauptrolle in den meiſten Nervenkrankheiten. Wir ſtoßen faſt in jedem Falle, deſſen Verhältniſſe genau zu durchſchauen ſind, auf Anwendungen dieſes Geſetzes. Wenn z. B. einem Menſchen durch irgend eine Verletzung der R. frontalis N. trigemini durchſchnitten worden, ſo geht hierdurch die Empfindlichkeit der Stirnhaut allein verloren. Die der Bindehaut, der Regenbogenhaut und aller anderen Theile, welche von dem erſten Aſte des N. trigemini verſorgt werden, behalten ihre Senſibilität, weil ihre Aeſte unabhängig von dem R. frontalis abgehen und ſolche locale Einwirkungen nur unter beſonderen pathologiſchen Nebenbedingungen rückwärts greifen. Eine Zerſtörung des N. facialis an dem Foramen stylomastoideum lähmt alle Geſichtsmuskeln, die einzelner Aeſte des Gänſefußes dagegen nur einen entſprechenden Theil derſelben. Drücken wir uns den N. ulnaris anhaltend, ſo ſchlafen nur der kleine, der Ring- und zum Theil der Mittelfinger ein.

Jede Paralyſe eines ganzen Nervenſtammes hat dieſelben Wirkungen, wie wenn alle Aeſte deſſelben unthätig gemacht wären, und umgekehrt veranlaßt bloß eine partielle Lähmung einzelner Nervenbündel deſſelben eine Störung der in ihnen enthaltenen Primitivfaſern. Eine Geſchwulſt der Baſis des Schädels, welche den ganzen N. oculomotorius unthätig macht, hebt auch den Willenseinfluß auf den Levator palpebrae superioris, den Rectus superior, internus und inferior, ſo wie den Obliquus inferior auf. Eine theilweiſe Affection des gemeinſchaftlichen Augenmuskelnerven oder eine ſolche einer Parthie der Fortſetzungen derſelben im Gehirn kann nur auf den Aufheber des oberen Augenlides wirken und Ptosis verurſachen. Liegt die Urſache einer Lähmung des Nerven in einer Stelle, unterhalb welcher neue Primitivfaſern eintreten, ſo bleiben dieſe unafficirt. Sind z. B. nur die hinteren Wurzeln der Nerven des Hüftgeflechtes zerſtört, ſo leidet der entſprechende Schenkel an bloßer Empfindungsloſigkeit, während ſeine Bewegung un-

geſtört iſt. Traf die Affection die Stämme des Plexus ischiadicus ſelbſt, ſo gehen beide Thätigkeiten verloren. Bei gehörigem Studium der Nervenphyſiologie bilden auf dieſe Weiſe die einzelnen Stellen, welche ihre Senſibilität oder Motilität eingebüßt haben, den Schlüſſel zur Diagnoſe der Lähmungen von beſonderen Abtheilungen des peripheriſchen Nervenſyſtemes. Die näheren Belege hierfür werden wir noch in der Folge in mannigfachſter Weiſe kennen lernen.

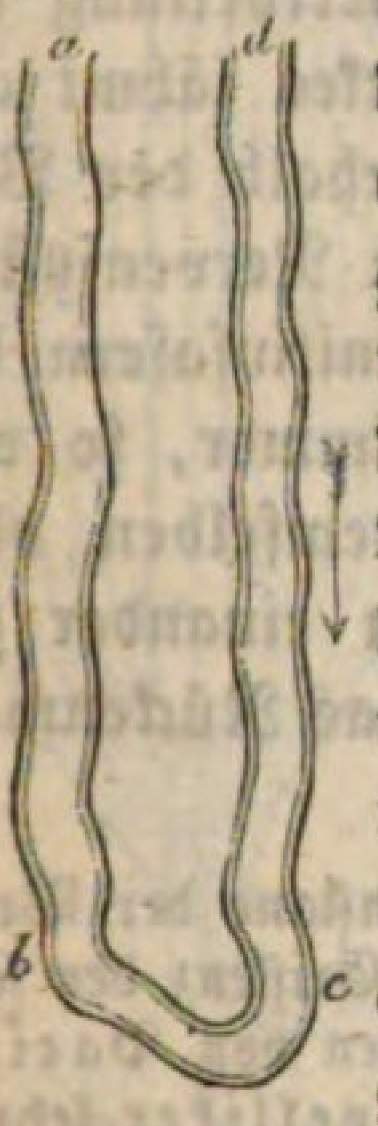
1317 Offenbar haben die Geflechte der Nerven, die wir an allen Stellen des Körpers antreffen, den Zweck, verſchiedenartige und differenten Urſprungsſtellen angehörende Primitivfaſern mit einander zu combiniren und auf dieſe Weiſe Aeſte herzuſtellen, welche einer ganzen Reihe von Wurzelurſprüngen entſprechen. Aus dieſem Grunde zeichnen ſich auch die Nerven vieler Theile des Kopfes und des Halſes und vorzüglich die der Bruſt=, der Bauch= und der Beckeneingeweide durch eine ſehr reichliche Plexusformation aus, während dieſe Bildung in den Nerven der freien Theile des Rumpfes und der Extremitäten in weit beſchränkterem Maaße in Anwendung gebracht iſt. Bedenken wir jedoch, daß die feinſte Nervenverbreitung in allen Organen in Endgeflechten beſteht, und dieſe auch in der Netzhaut, dem Vorhofe, der Schnecke, der riechenden Parthieen der Naſenſchleimhaut, mit einem Worte in ſenſuellen Theilen, die von einem und demſelben ſpecifiſchen Nervenſtamme verſorgt werden, vorkommen, ſo ergiebt ſich von ſelbſt, daß dieſer vielfache Wechſel der Primitivfaſern in den Verzweigungen der peripheriſchen Nerven noch andere uns bis jetzt völlig unbekannte Vortheile darbieten müſſe.

1318 Nicht minder dunkel erſcheinen die Verhältniſſe der Endſchlingen. Der geſonderte Verlauf und der Mangel aller Veräſtelungen an den Nervenprimitivfaſern ſtimmt vollkommen mit dem Geſetze der iſolirten Leitung überein. Allein es ließe ſich ihm entſprechend auch ferner erwarten, daß jede einzelne Faſer ohne weitere Verbindung mit einer anderen im Centrum anfange und eben ſo auch für ſich in der Peripherie ſchließe. Die mikroſkopiſche Unterſuchung zeigt uns jedoch das Gegentheil hiervon. Wo ſich bis jetzt die Endverbreitung der peripheriſchen Nerven im Innern empfindlicher oder bewegender Organe mit Sicherheit verfolgen ließ, ſchloſſen die Primitivfaſern mit Endgeflechten und Endſchlingen, d. h. ſo, daß je zwei derſelben bogenförmig in einander übergingen. Dieſes Verhältniß wurde z. B. zum Theil in der Netzhaut und beſtimmter in der Bindehaut, der Iris, dem Ciliarligamente, dem Vorhofe, der Schnecke, der äußeren Haut, der Schleimhaut der Zunge und der übrigen Mundhöhle, in einzelnen ſeröſen Membranen, den Muskeln u. dgl. vorgefunden. Jede Art von Nerven, ſenſuelle ſowohl als ſenſible und motoriſche haben mithin gewiſſe Repräſentanten, an welchen die Endſchlingenbildung mikroſkopiſch nachgewieſen worden. Es fragt ſich daher, welche Faſern auf dieſe Weiſe mit einander zuſammengehen, und wie dieſe Erſcheinung mit dem ſonſtigen iſolirten Verhalten der Primitivfaſern in Uebereinſtimmung gebracht werden kann.

1319 Die Exiſtenz der Endſchlingen in der Netzhaut, dem Vorhofe und der Schnecke laſſen keinen Zweifel übrig, daß hier gleichartige, d. h. ſen=

ſuelle Faſern in einander übergehen. Was dagegen die ſenſiblen und motoriſchen Elemente betrifft, ſo wäre eben ſo gut ein ähnliches Verhalten als das entgegengeſetzte denkbar. In dem letzteren Falle müßte ſich daher je eine ſenſible mit einer motoriſchen Faſer vereinigen. Allein eine genauere Betrachtung lehrt bald, daß jene erſtere Anſicht mehr Wahrſcheinlichkeit als dieſe für ſich hat. Denn 1) nehmen wir an, ab und cd ſeien die beiden Primitivfaſern und bc die Endumbiegungsſchlinge derſelben. Iſt ab ſenſibel und cd motoriſch, ſo wird ein Reiz, der auf bc einwirkt, in ba centripetal fortgeleitet und daher empfunden werden. Veranlaßt dagegen unſer Wille Bewegungen, ſo kommt das Irritament in dc centrifugal herab, erregt die entſprechenden Muskeln zur Contraction und ſtrömt durch ba wieder zurück, ſo daß auch eine Empfindung, ein Bewußtſein der vorgenommenen Veränderung entſteht. Wir hätten auf dieſe Weiſe in dem zweiten Falle eine vollſtändige, in dem erſteren dagegen eine unvollkommene Nervencirkulation. Schon dieſe Ungleichheit der Verhältniſſe könnte uns wider eine ſolche Hypotheſe einnehmen. Ueberdies ſpricht aber auch das anatomiſche Verhalten ziemlich entſchieden dagegen. Wir haben zahlreiche Endplexus und Endſchlingen in ſehr ſenſiblen Theilen, welche keiner bedeutenden Bewegung fähig ſind. Schlagen wir z. B. die Contractilität der Faſern und der Gefäße des Zahnſäckchens ſo hoch als wir wollen an, ſo können wir doch nie annehmen, daß die Hälfte ihrer Nerven nur dieſem und bloß die andere Hälfte ſenſiblen Zwecken diene. Mögen auch die Muskeln empfindlich ſein, ſo läßt ſich doch kaum vorausſetzen, daß ſich die in ihnen endenden Faſern in ihren ſenſiblen und motoriſchen Eigenſchaften gleich theilen.

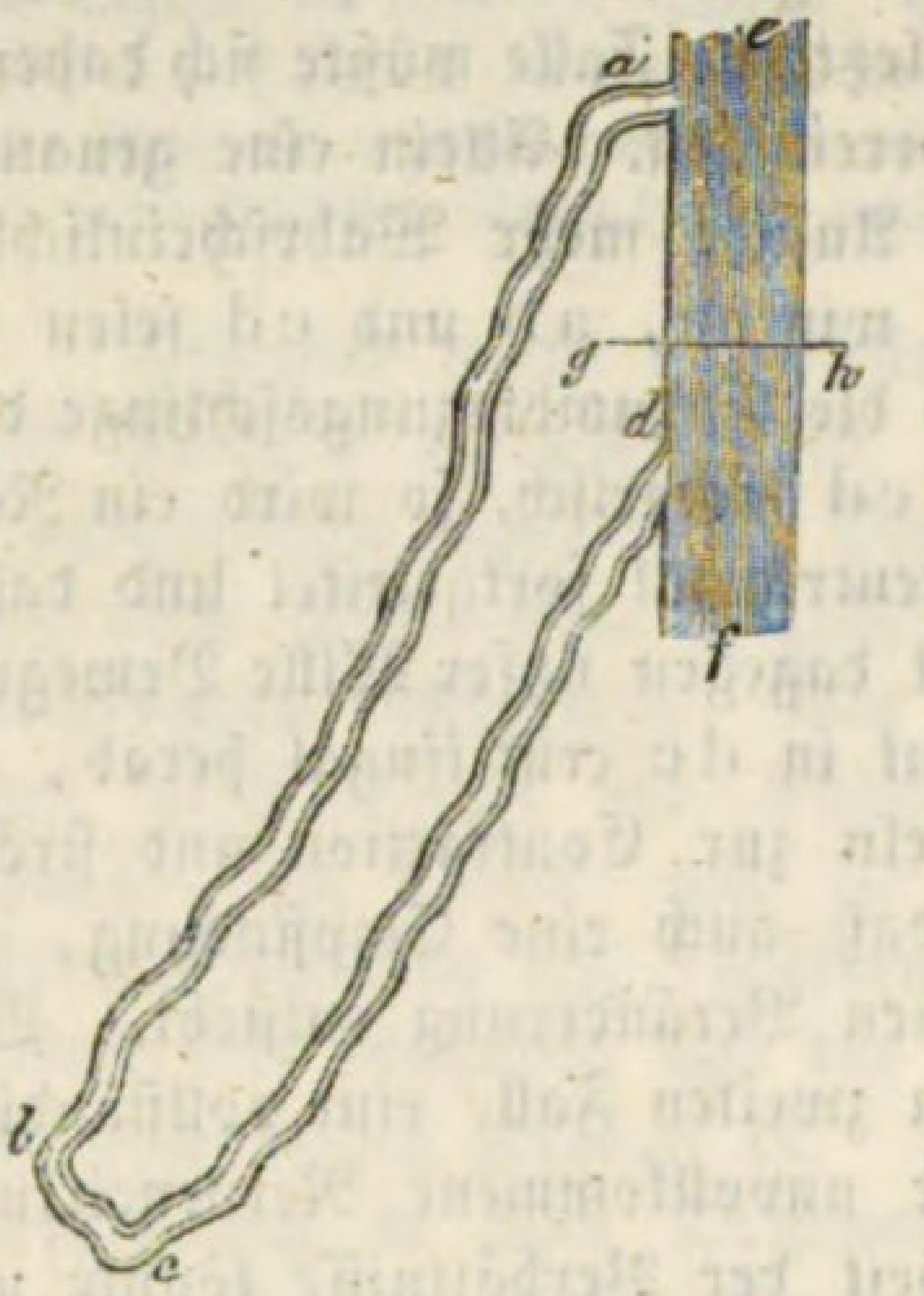
Fig. 205.



2) Setzt man voraus, daß die ſich verbindenden Faſern ab und cd gleichartig, d. h. entweder ſenſibel oder motoriſch ſind, ſo fallen ſolche Widerſprüche hinweg. Denn ſind ab und cd ſenſibel, ſo wird jeder Reiz, der bc trifft, dem centralen Nervenſyſteme doppelt zugeführt. Dieſes Verhältniß könnte möglicher Weiſe die Auffaſſung in ähnlicher Art, wie die Anſchauung mit zwei Augen das Sehen, verſtärken. Kommen dagegen die Oscillationen des Nervenäthers in der motoriſchen Faſer ab oder dc herab, ſo erzeugen ſie Zuckungen, während die rücklaufenden Primitivfaſertheile cd oder ba keine fernere Wirkung veranlaſſen oder in dem Centrum eine gewiſſe Perception der vollbrachten Bewegung oder Nervenſtrömung möglich machten. So könnte dann das Zahnſäckchen rein ſenſible, der Muskel rein motoriſche Faſern erhalten.

Wäre dieſes aber der Fall, ſo würden die in den Endſchlingen verbundenen Faſern, wie es ſcheint, wenigſtens meiſtentheils ſehr nahe bei einander in das centrale Nervenſyſtem einſtreichen. Dieſes Theorem verſteht ſich natürlich für die Elemente des Opticus oder Acuſticus von ſelbſt, läßt ſich jedoch auch, wenn nicht noch andere ganz unbekannte Momente dazwiſchentreten, für die ſenſiblen und motoriſchen Faſern erhärten. Denn geſetzt, ab Fig. 206 käme um vieles höher als cd aus dem Rückenmark oder Ge-

Fig. 206.



hirn hervor, ſo könnte die Durchſchneidung des letzteren in dem Niveau gh keine Störung der bewußten Empfindung oder der willkürlichen Bewegung zur Folge haben, weil jeder die Endſchlinge bc treffende Reiz durch ba zum Gehirn gelangen oder umgekehrt verlaufen kann. Dieſes findet jedoch nicht Statt. Jede Quertheilung des Gehirn- und des Rückenmarkes lähmt alle Organe, deren Nerven unterhalb der Verletzungsſtelle in das centrale Nervenſyſtem einſtreichen. Die beiden Primitivfaſern der Endſchlingen ſcheinen daher immer, ſo viel wir bis jetzt wiſſen, in demſelben oder wenigſtens in nicht fern von einander gelegenen Wurzelſtämmen in das Rückenmark oder Gehirn einzutreten.

Bilden vorläufig die Verhältniſſe der Endſchlingen eher den Gegenſtand der Verlegenheit als der Aufklärung, ſo wird dieſe Dunkelheit noch durch die Exiſtenz der ſogenannten Pacini'ſchen Körper nicht wenig verſtärkt. Wie die Beobachtungen von Pacini, Cruveilhier, Andral, Erdl und vorzüglich von Henle und Koelliker lehren, kommen dieſe räthſelhaften Gebilde bei dem Menſchen, den Affen, dem Hunde, der Katze, dem Ochſen, dem Schaafe, der Ziege, dem Schweine und überhaupt allen Säugethieren, nicht aber den Vögeln, Reptilien und Fiſchen vor und werden eben ſowohl im Embryo als im höchſten Lebensalter wahrgenommen. Sie finden ſich bei dem Menſchen (und den Säugethieren) vorzugsweiſe an der Volarfläche der Hand und der Fußſohle, fehlen dagegen in der Regel an der Rückenſeite dieſer Theile. Hier, wie an den Nerven einzelner Gelenke, den N. N. intercostales, den Eingeweidenerven und dem Schenkelnerven des Menſchen ſind ſie nur in vereinzelnten Fällen und ſparſamer beobachtet worden. Am leichteſten und ſchönſten ſieht man ſie in dem Gekröſe der Katze. In ihm fallen ſie ſchon ſogleich als längliche graue halbdurchſichtige Bläschen in die Augen. Man braucht daher nur ein Stückchen Meſenterium unter das Mikroſkop zu legen, um ſie in ihren Details, wenn nicht etwa umgebendes Fett ein Hinderniß bereitet, wahrzunehmen. Will man ſie am Menſchen ſtudiren, ſo ſchneidet man am einfachſten, wie ſchon Henle und Koelliker ebenfalls angegeben, die Fußſohle mit ihren Muskeln los und präparirt die Nerven von innen her nach der Haut hin. Man ſtößt dann, ſobald man die Plantaraponeuroſe durchbohrt, auf viele Pacini'ſche Körperchen. Iſt jedoch die Leiche ſchon etwas alt, ſo haben ſie häufig einen geringeren Grad von Durchſichtigkeit, welcher nicht ſelten das Studium mancher Structurdetails erſchwert. Das Gekröſe friſch getödteter Katzen iſt daher in dieſer letzteren Beziehung in hohem Grade zu empfehlen.

Die Pacini'ſchen Körperchen bilden länglich runde grauweiße halbdurchſichtige Gebilde, ſtellen bisweilen ſucceſſive oder ſeitliche Verſchmelzungsformationen zweier oder mehrerer dar und hängen durch kleine Stiele mit benachbarten Nervenfaſern zuſammen. Sie finden ſich in der Regel an den größeren Nervenſtämmen ſparſamer, erſcheinen ſchon häufiger an den Gabeltheilungen mittlerer Zweige und kommen vorzüglich an untergeordneten Nervenäſtchen vor. Eine Hand oder ein Fuß des Menſchen ſcheint ungefähr 150 bis 300 derſelben zu enthalten. Zerlegt man ſie mittelſt Staarnadeln, ſo läßt ſich ſchon mit freiem Auge wahrnehmen, daß jedes von ihnen aus einem Syſtem von Kapſeln beſteht, die wie die Blätter einer Zwiebel um einander geſchichtet ſind. Eine eiweißhaltige Flüſſigkeit, die jedoch nach Henle und Koelliker bei zarten Embryonen, ſo wie in den kleineren Körperchen Erwachſener mangelt und ſich nach dem Centrum hin zu vermindern ſcheint, trennt die einzelnen Bälge von einander.

Unter dem Mikroſkope ſtellt ſich das Ganze ſo dar, wie es uns Fig. 207 in einfachſter Form vorführt. Man ſieht bei a die concentriſchen Linien, welche die einzelnen

Kapſellagen begrenzen, in dem Centrum nicht ſelten von denen in der Peripherie etwas abweichen und bisweilen kleine Querbogen oder ſelbſt Scheidewände darbieten. Die innerſte centrale Kapſel ſchließt einen ungefähr in der Längenachſe des Körperchen verlaufenden hellen Raum b ein und hängt durch einen Stielfortſatz c mit einem benachbarten Nervenſtämmchen zuſammen. Vorzüglich die äußeren Theile eines jeden Körperchen werden mit Blutgefäßnetzen verſorgt. Eben ſo empfängt jedes eine Primitivfaſer d von dem benachbarten Nerven. Sie dringt in den Stiel c ein, gelangt von da in die Baſis der Kapſel und iſt in dieſem Theile von gewöhnlichen, meiſt ſchmalen Cerebroſpinalfaſern nicht zu unterſcheiden. Später hingegen ſetzt ſie ſich in einen blaſſen feingeſtreiften Theil e, der ſeinem Aeußeren nach mit dem Remak'ſchen Primitivbande oder dem Purkinje'ſchen Achſencylinder übereinſtimmt, fort. Meiſtentheils ſcheint ſie an dem entgegengeſetzten Ende des Centralkanales b unmittelbar oder nachdem ſie ſich gabelig oder ſelbſt dreifach getheilt hat, aufzuhören, nur ſelten dagegen durch das Pacini'ſche Körperchen wiederum durchzudringen. Ihr Ende zeigt ſich bisweilen nach Henle und Koelliker knopfförmig, ohne daß jedoch dieſe Anſchwellung durch eine Ganglienkugel bedingt wird. Sie ſelbſt und der Schlußtheil des Centralkanales erſcheinen häufig verbogen. Hierdurch, ſo wie durch die wechſelnde Totalform des Pacini'ſchen Körperchens entſteht eine Menge von Varietäten, die ebenfalls von Henle und Koelliker ſehr genau geſchildert worden. Siehe ihre Schrift: Ueber die Pacini'schen Körperchen an den Nerven des Menschen und der Säugethiere. Zürich, 1844. 8. S. 9—30.

Fig. 207.

Wir können für jetzt nicht einmal irgend begründete Vermuthungen über den phyſiologiſchen Nutzen dieſer Gebilde aufſtellen. Ihre bloße Exiſtenz bei Menſchen und Säugethieren, ihr Mangel an ſenſuellen und motoriſchen Nerven, ihr vereinzeltes Erſcheinen an ſenſiblen Nervenſtämmen, ſo wie der Umſtand, daß ihre Menge ſelbſt hier mit der Zahl der Primitivfaſern in gar keinem Verhältniſſe ſteht, beweiſt, daß ſie keine allgemeine Bedeutung für das Nervenleben haben. Eben ſo wenig können ſie aber mit irgend einer Beſtimmtheit für pathologiſche Gebilde, die etwa in Folge des Druckes entſtehen, betrachtet werden. Noch weniger iſt es möglich, ſie als eine Norm der Nervenenden oder als Ganglien der Taſtnerven oder Organe des angeblichen thieriſchen Magnetismus, wie ſich von ſelbſt ergiebt, anzuſehen. Ihre geſchichtete Structur führte zu der Vermuthung, daß ſie elektriſche Apparate der Nerven ſeien. Allein auch in dieſer Beziehung fielen die Reſultate von Verſuchen, wie ſich zum Theil erwarten ließ, unentſchieden aus. Henle und Koelliker konnten bei der Berührung der Pacini'ſchen Körperchen friſch getödteter Katzen mit dem Bohnenberger'ſchen Elektrometer keine beſtändige Abweichung beobachten.

Die Verhältniſſe der Endſchlingen der Nerven und der Pacini'ſchen Körperchen deuten mithin klar darauf hin, daß die Nervenleitung mit einer Reihe von Thätigkeitsmomenten verknüpft ſein muß, von denen wir gegenwärtig noch nicht die geringſte Ahnung haben.

Eine unmittelbare Folge des Geſetzes der iſolirten Leitung bildet die 1320
ſchon früher (§. 580) erwähnte Thatſache, daß jede Primitivfaſer längs ihres ganzen Verlaufes dieſelbe Thätigkeit beibehält und daher an allen ihren Stellen ſenſuell oder ſenſibel oder motoriſch bleibt. Dieſer Satz folgt auch ſchon aus der in §. 1304 gegebenen allgemeinen Theorie der Nervenwirkungen. Wenn alle beſonderen Thätigkeiten der Nerven erſt dadurch zu Stande kommen, daß die Schwingungen des Nervenäthers durch die entſprechenden peripheriſchen oder centralen Elemente, auf welche ſie einwirken, ſpecialiſirt werden, ſo konnte nur durch eine Verſetzung der letzteren eine wahre Veränderung der Function bedingt werden. Das einzige Mittel, dieſes theilweiſe zu bewirken, würde darin

beſtehen, mehrere Nervenfaſern zu durchſchneiden und ſie nicht ihrem natürlichen Zuſammenhange gemäß, ſondern in einer beſtimmten gekreuzten Richtung zuſammenheilen zu laſſen.

Fig. 208.

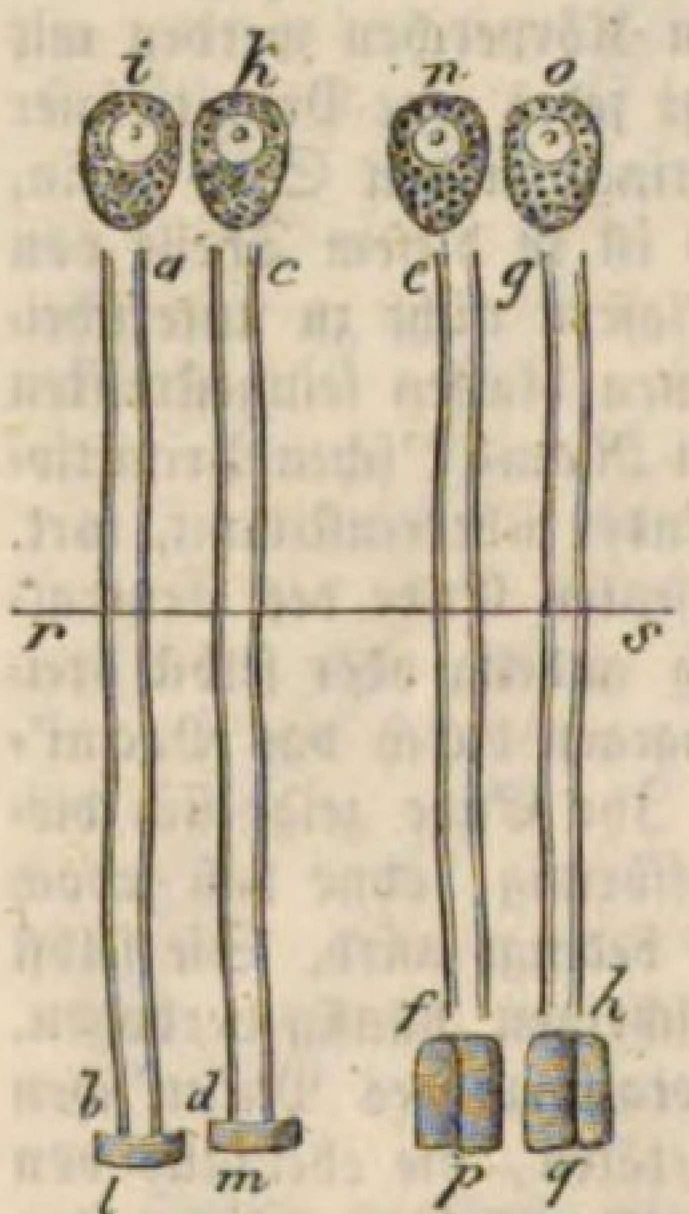
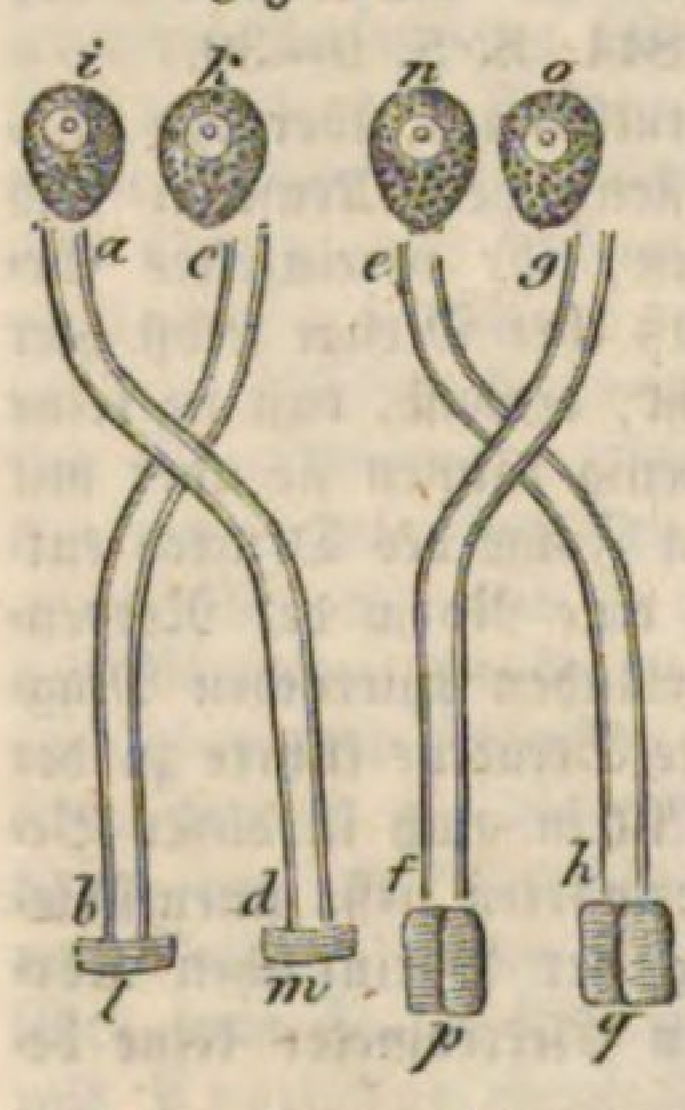


Fig. 209.



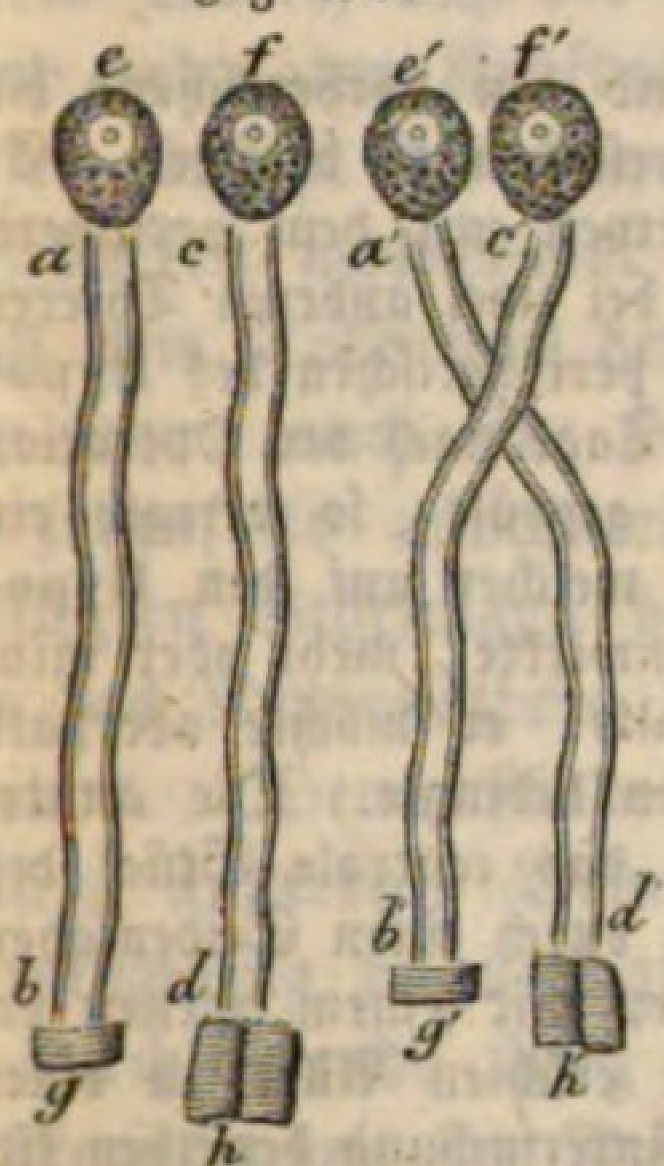
Geſetzt, ab und cd ſeien zwei ſenſible und ef und gh zwei motoriſche Nerven, i und k die den erſteren und n und o die den letzteren entſprechenden centralen Gebilde, l und m die beiden Hautſtellen, welche von ab und cd und p und q die Muskelpartieen, die von ef und gh verſorgt werden. Alle vier Faſern würden in dem Niveau rs durchſchnitten und dann ſo zuſammengeheilt, wie es Fig. 209 zeigt, ſo daß wir jetzt die ſenſiblen Faſern ad und cb und die motoriſchen eh und gf haben, ſo müßte der Theorie nach ein Willensreiz, der von o ausgeht, die Parthie p ſtatt q und umgekehrt die Wirkung von n den Theil q ſtatt p in Bewegung ſetzen. Eben ſo würden Reize, die l und m treffen, immer noch empfunden werden, weil ihre ſenſiblen Primitivfaſern ad und cb mit entſprechenden Centraltheilen i und k in ununterbrochenem Zuſammenhange ſtehen.

Die Richtigkeit dieſer theoretiſchen Folgerung wird durch einen von Flourens [1]) angeſtellten Verſuch vollkommen beſtätigt. Dieſer Forſcher durchſchnitt nämlich bei einem Hahne die beiden Hauptnerven des Armgeflechtes (wahrſcheinlich die N. N. medianus und radialis), von denen der eine zur oberen, der andere zur Unterfläche des Flügels verläuft. Eine halbe Lähmung deſſelben erfolgte nach der Trennung des erſteren, eine vollkommene nach der des letzteren Nervenſtammes. Beide wurden nun mittelſt eingelegter Hefte in gekreuzter Richtung mit einander vereinigt, ſo daß das obere Ende des erſteren Nerven mit dem unteren des letzteren und umgekehrt in Berührung kam. Das Thier hatte den Gebrauch ſeines früher paralytiſchen Flügels nach einigen Monaten vollkommen wieder erhalten und bediente ſich ſeiner wie im Normalzuſtande. Wurden die wiedererzeugten Nerven bloßgelegt, ſo zeigten ſie ſich ganz in der künſtlich vorgeſchriebenen Weiſe vereinigt. Reizte man den oberen Nerv oberhalb der Wiedererzeugungsſtelle mechaniſch, ſo bewegten ſich die Muskeln der Unterſeite des Flügels, während ſich nach dem analogen Angriffe, der auf den zweiten Nervenſtamm ausgeübt wurde, die der Oberſeite contrahirten. Es fand mithin eine gekreuzte Wirkung ganz in der Art, wie ſie durch die eingeführte Nervendecuſſation vorgeſchrieben wurde,

[1]) P. Flourens Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés. Seconde Edition. Paris, 1842. 8. p. 272. 73.

Statt. Jeder Hautreiz des Flügels rief überdies deutliche Empfindungserſcheinungen hervor.

Fig. 210.



Eine minder ſichere Antwort dagegen geben ſowohl Theorie als Erfahrung, wenn es ſich um das Zuſammenheilen ſenſibler und motoriſcher Faſern handelt. Denn geſetzt, ab ſei eine empfindende und cd eine bewegende Faſer. Beide wären dergeſtalt zuſammengewachſen, daß wir nach der Heilung a′d′ und c′b′ haben, ſo müßte keine Wiederherſtellung der Thätigkeit möglich ſein, wenn ſich nicht e′ und f′ auf entſprechende Weiſe änderten. Denn e′ = e kann urſprünglich nur ſenſible, f′ = f bloß motoriſche Reize verarbeiten. Da aber e′ gegenwärtig den peripheriſchen Muskelfaſern h′ und f′ dem Hautſtücke g′ entſpricht, ſo würde hierdurch die normale Beantwortung der entſprechenden Reize geſtört werden. Bedenken wir aber, daß eine ſehr ausgedehnte Mittheilung in dem centralen Nervenſtamme Statt findet und ſich hier häufig empfindende Anregungen auf bewegende reflectiren, ſo können wir wenigſtens nicht von theoretiſcher Seite ſelbſt für dieſen Fall eine vollkommene Wiedererzeugung der Thätigkeit mit Gewißheit in Abrede ſtellen. Es wäre ſogar denkbar, daß ſie unter manchen Verhältniſſen möglich, in anderen unmöglich ſei. Wenn das von Flourens operirte Thier ſeine Flügel wiederum vollkommen wie im Normalzuſtande gebrauchen lernte, ſo ſcheint ſchon hier eine ſolche corrigirende Mittheilung Statt gefunden zu haben. Denn ſonſt hätte es die obere Seite des geſunden und die untere des kranken, und umgekehrt, gleichzeitig bewegen müſſen. Entſcheidende Erfahrungen über die Vereinigung von ſenſiblen und motoriſchen Faſern und vollſtändiger Wiederherſtellung der Thätigkeiten liegen bis jetzt nicht vor, obgleich die Möglichkeit des Gelingens ſolcher Verſuche mehrere Momente für ſich zu haben ſcheint.

Flourens[1]) ſelbſt hat noch zwei hierher gehörende Verſuche, deren Reſultate jedoch nicht entſcheidend ausfielen, angeſtellt. Er durchſchnitt den rechten herumſchweifenden und den fünften Halsnerven eines Hahnes und vereinigte das obere Ende des Erſteren mit dem unteren des Letzteren. Obgleich die Verbindung, ſo weit ſich dieſes mit freiem Auge beurtheilen ließ, vollkommen gelungen war, ſo ſtarb das Thier doch kurze Zeit nachdem ihm der linke N. vagus getrennt worden, an Erſtickung. Das letztere Reſultat ergab ſich auch bei einer Ente, wenn nicht bloß das obere Stück des fünften Hals- mit dem unteren des herumſchweifenden, ſondern auch das obere des letzteren mit dem unteren des erſteren Nerven zuſammengeheilt und der andere N. vagus durchſchnitten worden. Hier war alſo der zuerſt getrennte Vagus trotz der ſcheinbaren Zuſammenheilung mit dem fünften Halsnerven außer Thätigkeit geſetzt worden.

Hat man den Hüftnerven eines Froſches getheilt und ihn ſich dann durch Regeneration wiederherſtellen laſſen, ſo nimmt man keine Veränderung der Thätigkeiten ſeiner Primitivfaſern wahr. Reizt man die iſolirten hinteren Nervenwurzeln, welche ſich in das Lendengeflecht begeben und die ſonſt im Normalzuſtande rein ſenſibel ſind, ſo entſtehen auch keine Zuckungen nach der Wiedererzeugung des Nerven. Dieſe treten aber nach Irritation der vorderen auch ſonſt motoriſchen Wurzelbündel hervor (Schwann[2]),

[1]) a. a. O. S. 175—77.

[2]) Joh. Müller's Physiologie. Bd. I. Dritte Aufl. Coblenz, 1837. 8. S. 414. 15.

Steinrück)[1]. Die Thatſache erklärt ſich einfach, wenn man annimmt, daß ſich die gleichartigen Faſern bei der Regeneration aufſuchen. Als ein Stützpunkt dieſer Hypotheſe könnte die ſchon §. 525 angeführte Erſcheinung, daß die Bildung der neuen Primitivfaſern von den beiderſeitigen Durchſchnittsenden der älteren ausgeht, angeführt werden. Eine andere zum Theil unwahrſcheinlichere Annahme wäre, daß ſich heterogene Faſern je nach der Zufälligkeit ihrer Lage verbänden, auf dieſe Weiſe ſenſible und motoriſche zuſammenkämen und ſo auch ihre Functionen den peripheriſchen Theilen entſprechend änderten.

Endlich ſuchte Bidder[2]) den rein ſenſiblen R. lingualis und den vorherrſchend bis ausſchließlich motoriſchen Hypoglossus des Hundes zu ſolchen Verſuchen zu benutzen. Er verband bei ſechs Thieren das centrale Ende des Zungenfleiſchnerven mit dem peripheriſchen des Zungenaſtes des dreigetheilten Nerven, während er bei zwei anderen Thieren der Art das centrale Stück des Lingualis Trigemini mit dem peripheriſchen des Hypoglossus zuſammennähte. Wurden dann die Hunde 62 bis 136 Tage nach der Operation getödtet und unmittelbar darauf rückſichtlich ihrer Reizbarkeit geprüft, ſo erregte ein durch 12 bis 20 Plattenpaare erzeugter galvaniſcher Strom, welcher auf den Hypoglossus innerhalb der Schädelhöhle oder oberhalb der Narbe einwirkte, mehr oder minder ſtarke Zuſammenziehungen der Zunge, während der Lingualis, er mochte oberhalb oder unterhalb der Heilungsſtelle gereizt werden, keine Zuckungen bedingte. Die anatomiſche Unterſuchung lehrte aber auch dieſem entſprechend, daß das centrale Stück des Hypoglossus, obgleich es mit dem peripheriſchen des Lingualis durch einen Seidenfaden zuſammengeheftet worden, in drei Fällen nicht mit ihm, ſondern mit ſeinem eigenen peripheriſchen Abſchnitte verwachſen war. In den fünf anderen erſchien Alles zu einer unförmlichen Narbenmaſſe vereinigt. Auch die mikroſkopiſche Unterſuchung derſelben lieferte keine näheren Aufſchlüſſe. Das gegenſeitige Aufſuchen gleichartiger Nervenfaſern ſchien alſo hier jede Berechnung vereitelt zu haben.

1321 Wie wir früher ſahen, wird das Aequivalent eines jeden Reizes, der eine Nervenfaſer trifft, längs ihres ganzen Verlaufes centripetal oder centrifugal fortgepflanzt, regt dann hierdurch die dem centralen Anfange oder dem peripheriſchen Ende entſprechenden Elemente an und ruft erſt auf dieſe Weiſe die ſpeciellen Thätigkeiten der Empfindung und Bewegung hervor. Hieraus folgt aber von ſelbſt, daß es für die Art der Wirkung vollkommen gleichgültig ſein muß, an welcher Stelle die Faſer angeſprochen werde. Mögen wir eine motoriſche Faſer im Gehirn oder an dem Anfange, der Mitte oder dem Ende ihres peripheriſchen Verlaufes angreifen, ſo werden immer nur dieſelben peripheriſchen Muskelfaſern die Einwirkung durch Zuckungen beantworten. Eben ſo muß durch die ſenſiblen Faſern unter den gleichen Verhältniſſen Schmerz entſtehen. Daß dieſes der Fall ſei, haben wir ſchon in der Lehre von den Bewegungen häufig zu ſehen Veranlaſſung gehabt. Wenn die Reizung des N. ischiadicus ausgedehntere Zuckungen und heftigere Schmerzen als die des N. tibialis veranlaßt, ſo hat dieſes nur darin ſeinen Grund, daß in dem erſteren Falle eine größere Zahl von Primitivfaſern als in dem letzteren thätig iſt. Dieſem gemäß ſchmerzt auch die Durchſchneidung einer einzigen hinteren Wurzel der Nerven des Lendengeflechtes weniger und regt eine ſolche einer vorderen Wurzel deſſelben beſchränktere Zuckungen an als ein den ganzen Hüftnerven treffender Eingriff.

---

[1]) C. O. Steinrück De nervorum regeneratione. Berolini, 1838. 4. p. 58. 59. Nr. 30.

[2]) Müller's Archiv. 1842. 8. S. 107 fgg.

Dagegen wäre es wenigſtens denkbar, daß die Intenſität der Wirkung, welche auf einen Anſpruch erfolgt, von der Oertlichkeit deſſelben in gewiſſem Maaße beſtimmt werde, daß eine motoriſche Faſer um ſo ſtärker reagire, je näher ſie ihrem peripheriſchen Ende, eine ſenſible, je weniger von ihrem centralen Anfange entfernt ſie angegriffen werde, mit einem Worte, daß die Länge des Stromes einen durch den Leitungswiderſtand bedingten Kraftverluſt nach ſich zöge. Man könnte zur Unterſtützung dieſer Anſicht die ſchon §. 665 erläuterte Thatſache anführen, daß die Reizbarkeit motoriſcher Nerven nach ihrer Durchſchneidung im Leben oder nach dem Tode von dem Centrum nach der Peripherie verſchwindet. Allein wenn auch eine ſichere Antwort dieſer Frage unmöglich iſt, ſo läßt ſich jedenfalls annehmen, daß die durch einen ſolchen Leitungswiderſtand bedingten Störungen bei der Leichtigkeit und Schnelligkeit der Oscillationen des Nervenäthers ſehr klein und wahrſcheinlich gleich Null ausfallen werden. Denn fände dieſes nicht Statt, ſo würde jede durch unſeren Willen angeregte Bewegung und jede objective Empfindung auf die verhältnißmäßig ungünſtigſten Bedingungen ſtoßen, weil bei ihnen der längſte zu durchlaufende Weg vorhanden wäre — eine Einrichtung, welche der Vollkommenheit der Natur zu widerſprechen ſcheint.

Da die Empfindungen zunächſt im Gehirn durch die dem centralen 1322
Anfange der Primitivfaſern entſprechenden Nervenkörper veranlaßt werden, ſo müßten ſie auch ſtreng genommen in ihm ſelbſt zur Wahrnehmung gelangen. Wir würden dann nicht einen Nadelſtich an derjenigen Stelle der Haut, welche von ihr getroffen wird, ſondern in dem centralen Nervenſyſteme an dem Anfangspunkte der correſpondirenden ſenſiblen Faſern auffaſſen. Einer ſolchen unpaſſenden Wirkung aber wird durch eine geiſtige Correction, das ſogenannte G e ſ e tz d e r p e r i p h e r i ſ c h e n E n e r g i e, entgegenarbeitet. Wir verſetzen nämlich den Eindruck, welcher eine ſenſuelle oder ſenſible Primitivfaſer trifft, nach ihrem peripheriſchen Ende und daher in den meiſten normalen Fällen an ſeinen wahren Ort, nicht aber an diejenige Stelle, welche die Auffaſſung deſſelben vermittelt.

Die Entfernung, in welche die Eindrücke nach außen übergetragen 1323
werden, iſt nicht bei allen Sinnesempfindungen die gleiche. Wenn wir auch die ſubjectiven Wahrnehmungen der Art ohne Ausnahme an die Peripherie verlegen, ſo empfinden wir doch die des Geſichtsorganes in einem nicht ganz genau beſtimmbaren, jedoch immer verhältnißmäßig nicht ſehr großen Abſtande vom Auge, die des Gehörs im mittleren Ohre, die des Geruchs in der Naſe, die des Geſchmacks an der Oberfläche der Zunge und zum Theil des Racheneinganges, endlich die des Taſtgefühls an der äußeren Haut oder ſelbſt in oder unter derſelben. Nur ausnahmsweiſe tragen wir das Ohrenklingen in die Ferne über, ſo daß es uns vorkommt, als ob in einer gewiſſen Diſtanz Glocken geläutet, geklingelt oder auf andere Weiſe Lärm gemacht würde.

Künſtliche Reizung eines peripheriſchen ſenſiblen Nervenſtammes bewirkt entſprechende ſubjective Empfindungen in denjenigen Theilen, welche die Endzweige deſſelben aufnehmen. Auf dieſe Art erzeugt z. B. ein an-

haltender Druck auf den N. infraorbitalis an ſeinem Austritte aus dem Unteraugenhöhlenloche die Empfindung des Ameiſenlaufens, des Stechens, Prickelns oder Brennens in der Haut der Naſe, der Wange und der Oberlippe der entſprechenden Geſichtshälfte, eine ähnliche Affection des R. frontalis die analogen Gefühle an der Stirn, des R. mentalis in der correſpondirenden Hälfte der Unterlippe, des N. ulnaris in dem kleinen Finger, dem Ringfinger und zum Theil dem Mittelfinger. Preſſen wir die Achſelgrube gegen einen harten Körper, z. B. eine Stuhllehne, anhaltend, ſo entſteht das Gefühl des Myrmecismus in der Hand und ſpäter im Vorderarme u. ſ. f., weil das gedrückte Achſelgeflecht peripheriſch reagirt. Aehnliche Erſcheinungen bieten nicht ſelten Menſchen, die an Krücken zu gehen anfangen, wenn ſie ſich längere Zeit Bewegung gemacht haben, dar. Aus derſelben Urſache erzeugt der Druck des ſchwangeren Uterus oder des bei der Geburt durchtretenden Kindeskopfes heftige Schmerzen in den Schenkeln. Sitzen wir anhaltend mit über einander geſchlagenen Knieen und feſt an einander liegenden Beinen, ſo daß der N. poplitaeus oder die N. N. tibialis und peroneus afficirt werden, ſo ſchläft uns der Fuß ein. Bei Ausrottungen des Augapfels ereignet es ſich bisweilen, daß die Kranken plötzlich die heftigſten Zahnſchmerzen empfinden, weil der N. infraorbitalis vor ſeinem Eintritte in den Unteraugenhöhlenkanal durch das Meſſer oder das glühende Eiſen berührt worden. Bei allen dieſen Erſcheinungen vergrößert ſich die Ausdehnung der das ſubjective Gefühl darbietenden Theile mit der Zahl der Primitivfaſern, welche die Einwirkung auszuhalten haben. Während ſich aber die Geſetze, nach welchen es geſchieht, aus den Normen der iſolirten Leitung der Primitivfaſern von ſelbſt ergeben, tritt ſchon hier die Eigenthümlichkeit hervor, daß die Endtheile vorzüglich der Extremitäten, alſo die Hand und der Fuß die Empfindungen zuerſt darbieten, dieſelben ſehr intenſiv zeigen und verhältnißmäßig am längſten behalten. Die Handfläche und die Fußſohle haben in dieſer Beziehung vor den Rückenſeiten dieſer Gebilde den Vorzug. Gleichwie ihnen eine größere Taſtempfindlichkeit zukommt, ſo behaupten ſie auch hier einen höheren Rang rückſichtlich ihrer Perceptibilität.

Dieſe Folgen der peripheriſchen Reaction treten nicht bloß in den gewöhnlichen Taſtempfindungen und Schmerzensgefühlen hervor, ſondern äußern ſich auch in allen übrigen Wahrnehmungen, deren die ergriffenen Nerven fähig ſind. Wie jede Anregung des Sehnerven ſubjective Lichtbilder, die des Hörnerven Töne und des Geruchsnerven Gerüche erzeugt, ſo kann eine Affection des N. vagus das Gefühl des Heißhungers oder des Brennens im Magen, eine ſolche der Geſchlechtsnerven Wolluſtempfindungen in den Genitalien hervorrufen. Eben ſo entſtehen auf dieſe Weiſe in der Haut nicht bloß die Perceptionen des Ameiſenlaufes, Prickelns, Stechens u. ſ. w., ſondern auch die der Kälte oder Wärme, je nachdem die Einwirkungen oder der Stand der krankhaften Reizbarkeit ſolche Aeußerungen der Nerventhätigkeit begünſtigen.

1324 Wirkt ein gewaltſamer Eindruck auf einen ſenſiblen Nerven plötzlich ein, ſo erzeugt ſich eine Empfindung, als gehe der Effect von der Stelle des Angriffes aus, ſchieße blitzſchnell zu den peripheriſchen Theilen hin und entlade ſich in dieſen. Am deutlichſten ſehen wir dieſes z. B., wenn wir uns an den Ellenbogen ſtoßen. Iſt der Nervenſtamm einem ſtarken, ſich

allmälig vergrößernden Drucke ausgeſetzt, ſo entſteht außer den peripheriſchen Wirkungen der Perception eine örtliche unangenehme Empfindung an der Affectionsſtelle ſelbſt. Sie kann ſich in mannichfachen Krankheitszuſtänden zu einem heftigen Schmerze ſteigern. Gebärende haben z. B. nicht bloß Wehen im Uterus, ſondern auch Ziehen und Reißen im Kreuze. Lagern ſich zwiſchen den Nervenfaſern zerrende und zerſtörende Maſſen ab, entſtehen ſogenannte Neurome, ſo haben wir nicht ſelten ſowohl in dieſen als in den peripheriſchen Theilen des ergriffenen Nerven die heftigſten Schmerzensempfindungen, die in einzelnen Anfällen längs der Nervenſtämme dahinſchießen können. Bei manchen Neuralgieen endlich correſpondirt der Verlauf der pathologiſchen Wahrnehmung weder dem Gange der Hauptnervenſtämme, nach allen von ihnen verſorgten Organen. Die Urſachen dieſer Eigenthümlichkeit werden ſich zum Theil aus den Reflexerſcheinungen des centralen Nervenſyſtemes ergeben.

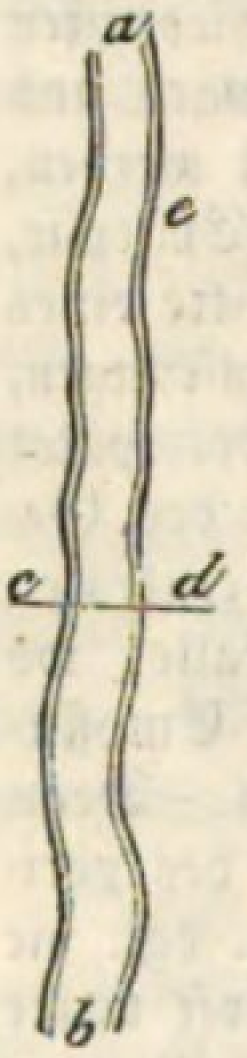
Faſt kein allgemeineres Geſetz der Nervenphyſiologie hat für den Arzt eine ſolche Wichtigkeit, als das der peripheriſchen Reaction. Denn ſehr viele in peripheriſchen Organen zum Vorſchein kommende Schmerzen haben ihre bedingende Urſache in Leiden entfernter Stellen ihrer Primitivfaſern. Nur wenn der Grund des Uebels mit Glück bekämpft worden, kann Heilung eintreten. Jede örtliche oder allgemeine Behandlung dagegen, welche ein ſolches Ziel außer Augen läßt, vermag im günſtigſten Falle keinen Nutzen, ſehr oft dagegen bedeutenden Schaden zu bringen. Wenn z. B. die Wurzeln des dreigetheilten Nerven oder des Lendengeflechtes am oder im centralen Nervenſyſteme afficirt ſind, ſo würden alle Mittel, welche man auf das Geſicht oder die Füße, als die Orte der Schmerzens- oder Lähmungserſcheinungen anwenden wollte, vergeblich ſein. Die mannigfachen krankhaften Empfindungen, welche Hyſteriſche an den verſchiedenſten Körperſtellen haben, das Nagen im Magen, die Gefühle von Druck in den Augen und Schwäche in den Beinen, von denen Onaniſten und Ausſchweifende heimgeſucht werden, das Rieſeln längs der Glieder und der Wirbelſäule vor einem Anfalle von Epilepſie, die Perception von Kälte im Rücken oder dem ganzen Körper bei dem Eintritte eines Wechſelfiebers, die heftigen Koliken bei chroniſchen, nicht entzündlichen Bleivergiftungen, endlich die außerordentliche Reihe verſchiedenartiger Symptome, welche man der ſpäter zu erwähnenden Spinalirritation zugeſchrieben hat, bilden bloße Aeußerungen des Geſetzes der peripheriſchen Reaction, während der Sitz ſolcher Beſchwerden in dem centralen Nervenſyſteme ſelbſt zu ſuchen iſt. Der Arzt muß ſich überhaupt in jedem Falle, wo beſtändige oder wechſelnde Schmerzen auftreten, zunächſt fragen, ob ſie an der Empfindungsſtelle ſelbſt oder in einem entfernten Nervenverlaufe ihren Grund haben. Denn iſt auch nicht das Gehirn oder Rückenmark Schuld daran, ſo kann ein Punkt des peripheriſchen Ganges der Nerven durch Entzündung, Erweichung, Geſchwülſte u. dgl. die Veranlaſſung bilden. Eine genaue anatomiſche Kenntniß der Neurologie hilft oft unter den letzteren Verhältniſſen in hohem Grade. Denn geſetzt, ein Menſch hätte z. B. eine Entartung in der Highmorshöhle, zu welcher ſich die heftigſten Zahnſchmerzen des Oberkiefers und intenſive Geſichtsſchmerzen geſellen, ſo könnten wir daraus ſchließen, daß der zweite Aſt des N. trigeminus hinten, wenn dagegen die Affectionen der hinteren Backzähne fehlen, vorn durch das Afterproduct gedrückt werde.

Iſt aber die Nichtbeachtung des Geſetzes der peripheriſchen Reaction für den Arzt von Bedeutung, ſo kann ſie den Chirurgen zu den grauſamſten Eingriffen und Verſtümmelungen des Körpers ohne Noth verleiten. Wenn er z. B. bei ſtarkem Geſichtsſchmerze den N. infraorbitalis durchſchneidet, während die Urſache der Krankheit im Gehirn, an der Schädelbaſis oder in der Augenhöhle liegt, ſo vollführt er eine ſchmerzhafte Operation, ohne den geringſten Nutzen erwarten zu können. Alle ſolche Angriffe ſind nur dann bei Neuralgieen geſtattet, wenn man von der Oertlichkeit der Veranlaſſung unterhalb der Operationsſtelle überzeugt iſt. Daher nach localen Verletzungen oder bei zugänglichen Neuromen derſelben oder unvertilgbaren Nachbarentartungen. Eben ſo kann man verſuchsweiſe ein Nervenende, das in einem Amputationsſtumpfe zu knollig geworden und

mit der Narbe unpaſſend verwachſen iſt, entfernen. Wo man dagegen in dieſen Beziehungen unſicher iſt, wird die Operation höchſtens dann gerechtfertigt erſcheinen, wenn ſich der durch ſeine heftigen Qualen gefolterte Kranke ſelbſt einem ſchmerzhaften Verſuche unterziehen will und vielleicht noch eine Spur von Möglichkeit der Linderung furchtbarer Leiden vorhanden iſt.

Noch unverantwortlicher wird es, wenn man ſich durch den Schein der peripheriſchen Reaction zur Amputation verleiten läßt [1]). Ein warnendes Beiſpiel der Art wurde von H. Mayo [2]) mitgetheilt. Ein 22jähriges Mädchen litt 4 Jahre lang an den heftigſten Schmerzen im linken Knie. Dieſes zeigte mit Ausnahme eines örtlichen Oedems, welches wahrſcheinlich durch die angewandten localen Mittel veranlaßt worden, keine materielle Veränderung und kein mechaniſches Hinderniß der Bewegung. Der Oberſchenkel wurde nichts deſto weniger von einem Chirurgen amputirt. Das Kniegelenk bot bei der anatomiſchen Unterſuchung nur die äquivoken Zeichen einer theilweiſen Blutüberfüllung und an einer kleinen Stelle eine Verdickung der Bänder dar, d. h. es war geſund oder höchſtens in Folge der früheren Behandlung in einigem Grade gereizt. Nach Heilung des Stumpfes kam der Schmerz wieder und wurde abermals in dem nicht mehr vorhandenen Kniegelenke empfunden. Man amputirte deshalb den Ueberreſt des Schenkels von neuem, ſägte ein größeres Stück vom Knochen ab, nahm einen bedeutenden Theil des N. ischiadicus hinweg und bedeckte das Ganze mit einem ſtarken Lappen von Muskeln und Haut. Als die alten Beſchwerden nach Heilung der zweiten Verletzung zurückkehrten, wurde der N. ischiadicus unter dem Glutaeus wieder ohne Erfolg durchſchnitten. Endlich exarticulirte man [3]) den Stumpf im Hüftgelenke und hier blieben die Schmerzen in der erſten Zeit aus; ob aber für länger, iſt, ſo viel ich weiß, nicht angegeben worden. In einem anderen ebenfalls von Mayo erwähnten ähnlichen Falle, wo einer Frau der Oberſchenkel ohne Erfolg amputirt worden, fanden ſich ſpäter die hinteren Wurzeln der Nerven deſſelben mit knorpeligen und knöchernen Plättchen bedeckt, ſo daß die Operation als vollkommen unnütz erſcheinen mußte. In Betreff der Exarticulation des Stumpfes des zuerſt erwähnten 22jährigen Mädchens aus dem Hüftgelenke ſtützte man ſich auf die Beobachtung einer Frau [4]), der aus ähnlichen Urſachen zuerſt die Hand und dann der Oberarm abgenommen worden und bei welcher erſt die Auslöſung des letzteren aus der Schulter Ruhe verſchaffte. Die Urſache, aus welcher etwas der Art möglich iſt, die aber zugleich die Amputation in ſolchen Fällen im höchſten Grade einſchränkt, kann erſt bei den Reflexerſcheinungen des centralen Nervenſyſtemes erläutert werden.

Fig. 211.



Da die peripheriſche Verſetzung des Eindruckes von dem centralen Nervenſyſteme ausgeht, ſo kommt ſie immer zu Stande, die entſprechenden Primitivfaſern mögen an einer Stelle ihres Verlaufes vollſtändig oder unvollſtändig zerſtört ſein. Nehmen wir an, ab ſei eine ſenſible Primitivfaſer, die bei cd durchſchnitten oder auf andere Weiſe zerſtört worden, ſo wird ein an dem peripheriſchen Ende b einwirkender Reiz nicht mehr zur ſelbſtbewußten Empfindung gelangen, weil ſein Aequivalent nicht bis zu a nach dem Gehirn geleitet werden kann. Wäre ab motoriſch, ſo könnten ſich nicht die entſprechenden Muskeln nach dem Befehle des Willens, wohl aber wenn eine Stelle zwiſchen cd und b angeſprochen wird, bewegen. Wirkt aber ein Irritament oberhalb cd z. B. in e ein, ſo geht es ungehindert bis nach a und wird zwar percipirt, jedoch vermöge des Geſetzes der peripheriſchen Reaction in den gelähmten Theil, welcher b entſpricht, verſetzt. Die mannichfachſten Krankheitszuſtände liefern uns wiederum Belege hierfür. Geſetzt, ein Chirurg

[1]) Einen ſolchen Fall mit der ganz richtigen Erklärung giebt ſchon Chr. L. Hoffmann de sensibilitate et irritabilitate partium libellus latine redditus. Düsseldorpii, 1794. 8. p. 85.

[2]) Herbert Mayo Grundriss der speciellen Pathologie mit besonderer Rücksicht auf die pathologische Anatomie. Aus dem Englischen übersetzt und mit einigen Zusätzen und Bemerkungen herausgegeben von F. Amelung. Darmstadt, 1838. Abth. I. 8. S. 110.

[3]) Froriep's neue Notizen Bd. I. Nro. 19. S. 297.

[4]) Mayo a. a O. S. 189.

hätte bei einem Geſichtsſchmerze, der ſeine veranlaſſenden Urſachen im Gehirn oder an der Schädelbaſis hat, den R. infraorbitalis oder den R. mentalis durchſchnitten, ſo kann das Individuum ſeine alte Neuralgie in der unempfindlichen Geſichtshaut lange ehe ſich der Nerve wieder erzeugt hat, auf das Stärkſte haben. Denken wir uns, ein Menſch ſei von einem Gerüſte gefallen und hätte ſich in Folge eines Bruches der unterſten Rückenwirbel den entſprechenden Theil des Rückenmarkes zerriſſen oder gequetſcht, ſo wird er alle Kraft ſeiner Beine und die Empfindung in ihnen dergeſtalt verloren haben, daß ihn das Auftröpfeln von Siegellack auf dieſelbe oder ſelbſt das Beſtreichen mit einem warmen Eiſen nicht im Geringſten afficirt. Entzündet ſich aber der obere Theil des Rückenmarkes in Folge der Verwundung, bilden ſich drückende Eiterdepots u. dgl., ſo wird er von den heftigſten Schmerzen in ſeinen total gelähmten unteren Extremitäten heimgeſucht. Noch belehrender ſind in dieſer Beziehung Geſchwülſte, welche ſich von dem Körper oder einem anderen Theile eines Wirbels aus nach dem Rückenmarke hin verbreiten. Indem ſie das Letztere zuſammendrücken, lähmen ſie die Füße gänzlich. Schreiten ſie aber nach oben fort und greifen fernere Stellen des centralen Nervenſyſtemes allmählig an, ſo entſtehen die heftigſten Neuralgien in Theilen, die ſelbſt zu Kohle verbrennen können, ohne daß der Kranke etwas daran empfindet.

Nicht bloß paralytiſche, ſondern ſelbſt gar nicht mehr vorhandene Organe können die Rolle des ſcheinbaren Sitzes von Empfindungen übernehmen. Viele Neuralgieen des zweiten oder dritten Aſtes des N. trigeminus beginnen mit ſehr heftigen und anhaltenden Zahnſchmerzen. Der Menſch läßt ſich nach und nach Zahn für Zahn ausreißen, ohne daß ſich ſein Leiden beſſert, und glaubt endlich ſelbſt noch in ſeinem zahnloſen Kiefer die intenſivſten Zahnſchmerzen zu haben. Perſonen, denen der Augapfel einer bösartigen Geſchwulſt wegen exſtirpirt worden, haben, wenn ſie im Schädel wiederkehrt, die heftigſten Schmerzen in ihrer leeren Orbita und beziehen ſie auf das Auge, welches ſie längſt nicht mehr beſitzen. Auf gleiche Weiſe ſehen Kranke nicht ſelten nach Exſtirpation des Bulbus Lichtphantasmen, ſobald der Stumpf des N. opticus oder das Gehirn durch die nachfolgende Entzündung gereizt wird. Wurde ein neuralgiſcher Teſtikel exſtirpirt, ſo kann eben ſo die Empfindung in dem Ueberreſte des Hodenſackes wiederkehren.

Noch deutlicher wird das Geſagte durch die ſogenannten Integritätsgefühle der Amputirten erhärtet. Halten wir uns zunächſt an die einfachen äußeren Erſcheinungen, ſo zeigt ſich als Grundgeſetz, daß ein Menſch, welcher eine Extremität verloren hat, die Empfindung behält, als wenn er ſein Glied noch beſitze und ſein Körper unverſtümmelt ſei. Dieſe Täuſchung kommt nicht bloß bei ſolchen Individuen, die nur einen Theil einer Extremität verloren haben, denen der Vorder- oder Oberarm, der Unter- oder Oberſchenkel abgenommen worden, ſondern auch bei denen, die die Exarticulation eines ganzen Gliedes ausgehalten haben, vor. Ein Mädchen, dem man ſieben Jahre vorher den linken Oberſchenkel aus der Hüfte exarticulirt hatte, gab an, daß ſie immer das fehlende Bein in einer ähnlichen Stellung, wie das vorhandene fühle, hatte bei der Berührung oder dem Kitzeln der Narbe der Weichgebilde des Stumpfes die Empfindung, als erfolge der Contact an dem fehlenden Schenkel oder als würde die Fußſohle deſſelben gerieben und glaubte den Fuß oder die große Zehe zu beugen und zu ſtrecken, wenn ſie die Ueberreſte ihrer Geſäßmuskeln zuſammenzog. Aehnliche Erſcheinungen geben nicht ſelten bei anderen Amputirten zu den eigenthümlichſten Täuſchungen Veranlaſſung. Wenn z. B. ein Menſch ein großes Oſteoſarkom des Vorderarmes hatte, ſo daß er die kranke Extremität nur mittelſt der geſunden anderen Hand emporheben konnte, ſo wiederholt er oft dieſe Bewegung vorzüglich im Anfange nach der Amputation des Oberarmes, weil ihm das Integritätsgefühl das Vorhandenſein der früheren Verhältniſſe vorſpiegelt. Solche Individuen bewegen häufig ihren Stumpf in dem Wahne, mit ihrer fehlenden Hand etwas greifen zu wollen. Oberſchenkelamputirte fühlen ihren mangelnden Fuß vollkommen und haben bei dem Stehen das irrige Bewußtſein, als könne dieſer nur nicht den Fußboden berühren. Solche Leute kratzen bisweilen ihr hölzernes Bein auf das Heftigſte, weil ſie das Krimmern auf die entfernte Körperſtelle beziehen. Friert ihr vorhandener Fuß, ſo glauben ſie die Kälte auch in ihrem fehlenden zu empfinden. Wenn ſie ſich in das Bett legen, ſo decken ſie ſich da, wo ihre mangelnde Extremität kommen ſollte, gut zu. Ein 20jähriges Individuum, dem 12 Jahre vorher der Oberſchenkel in ſeiner Mitte abgenommen worden, hatte die Gewohnheit, nur auf der rechten Seite liegend zu ſchlafen, ſo das die linke Extremität auf dem Stumpfe ruhte. Nichts deſto we-

niger beſaß es dann immer das Gefühl, als ſei das fehlende Bein im Kniegelenke gebogen und ging unter dem vorhandenen hindurch. Perſonen, die kurz vorher an der unteren Extremität amputirt worden und ſich der Krücken bedienen, ſchreiten nicht ſelten bei dem Gehen mit dem Ueberreſte ihrer Extremität aus, weil ſie ihr Integritätsgefühl hierzu verleitet.

Ein ſpecielles Studium dieſer Erſcheinungen belehrt uns, daß wir es hier mit keiner bloß untergeordneten pſychologiſchen Täuſchung, ſondern mit einem tiefer greifenden Nervengeſetze zu thun haben. Im Momente der Operation haben die Kranken eine vorherrſchend peripheriſche Empfindung. Leute, denen z. B. der Oberſchenkel abgenommen wird, fühlen den größten Schmerz, nicht an der Operationsſtelle, ſondern haben die Empfindung, als würde ihr Fuß oder ihre Wade über dem Feuer gehalten oder mit glühenden Inſtrumenten angegriffen. Im Momente der Amputation des Oberarmes tritt die heftigſte Perception in den Fingern ein. Nur ausnahmsweiſe kommt der Fall vor, daß die Wahrnehmung örtlich an der Durchſchnittsſtelle erſcheint. Eine 65jährige Frau z. B., der der linke Oberſchenkel entfernt worden, gab an, daß ſie glaubte, ihr Bein würde an der Verletzungsſtelle mit einem glühenden Drahte umſchnürt [1]). Ob dieſes durch eine zu große Empfindlichkeit und daher eine zu bedeutende Heftigkeit des Eindruckes bedingt war oder auf einer Verwechſelung mit dem Hautſchnitte oder einem Gedächtnißfehler beruht, bleibt dahingeſtellt.

Aehnliche Täuſchungen kehren unmittelbar nach der Operation wieder. Wenn ſich der Stumpf entzündet, ſo klagen die Kranken über Schmerzen in den jetzt entfernten, pathologiſch entarteten Theilen, in den Fingern oder Zehen, dem Ellenbogen- oder Kniegelenk, ſo daß ſie ſelbſt allen Nutzen der Operation in Abrede ſtellen. Werden kalte Umſchläge auf den Stumpf gemacht, ſo haben ſie das Gefühl, als würden die Endtheile der abgenommenen Glieder einer kalten Temperatur ausgeſetzt. Dieſe Verhältniſſe greifen ſo tief ein, daß ſie dem Arzte in allem Ernſte über die heftigſten Schmerzen in der Hand oder dem Fuße, den ſie nicht beſitzen, klagen.

Die Gefühle erhalten ſich nicht bloß die erſte Zeit, ſondern das ganze Leben hindurch. Ein Menſch, der vor 23 Jahren eine Oberſchenkelamputation ausgehalten, empfand ſeine mangelnde Extremität noch eben ſo lebhaft, als kurze Zeit nach der Operation. Einzelne Forſcher, welche dieſe Erſcheinungen auf bloße Erinnerungsvorſtellungen reduciren, glaubten aus einem Vergleiche mit den Blinden ſchließen zu können, daß Perſonen, die in ſehr früher Kindheit ein Glied verloren, jene Integritätsempfindungen nicht beſäßen. Es läßt ſich nämlich im Allgemeinen annehmen, daß Menſchen, welche nach ihrem ſechſten Lebensjahre erblindet ſind, ſehend träumen, bei denen hingegen, die früher ihr Augenlicht verloren, die Vorſtellung der Blindheit und des Tappens auch in ihren Traumgebilden wiederkehren [2]). Demgemäß ſollte auch die Auffaſſung der Amputirten von dem Alter, in welchem die Operation gemacht worden, abhängen. Allein ein Individuum, dem in ſeinem zweiten Lebensjahre der rechte Vorderarm abgenommen worden, integrirte in ſeinem 20ſten Lebensjahre eben ſo vollſtändig, als ein ſolches, das ſpäter operirt worden. Ueberdies werden auch die in der Folge zu erwähnenden Erfahrungen von Leuten, die mit verſtümmelten Extremitäten geboren worden, gegen eine ſolche Annahme zeugen. Dagegen ändert ſich allerdings die Traumvorſtellung der Amputirten je nach der Zeit der Operation in anderer Beziehung. Ein Individuum, das einige Monate vorher den rechten Schenkel verloren hatte und ſich der Krücke bediente, träumte ſich vollkommen unverſtümmelt und freigehend. Ein anderes dagegen, das vor einer Reihe von Jahren am rechten Oberſchenkel amputirt worden war, gab ausdrücklich an, daß es ſich im Anfange vollkommen geſund träumte. Später dagegen kam es ihm vor, als hätte es zwei Beine, ſei aber aus irgend einem ihm unbekannten Grunde genöthigt, ſich einer Krücke zu bedienen. Mit der Zeit trat daher das Bewußtſein der Infirmität neben dem Gefühl der Integrität hervor.

Auf gleiche Weiſe können auch die Erſcheinungen, welche durch den Ueberreſt des Gliedes ſelbſt bedingt werden, wechſeln. Die Natur ſucht zwar die Enden der durch-

---

[1]) G. Th. Rhone de sensuum mendaciis apud eos homines, quibus membrum aliquod amputatum est. Halis, 1842. 8. p. 11.

[2]) Heermann in Ammon's Monatsschrift für Medicin, Augenheilkunde und Chirurgie. Bd. I. Dresden und Leipzig, 1838 S. 117—54.

ſchnittenen Nerven durch die ſchon Bd. I. S. 709 erwähnte zellgewebige Knollenbildung zu ſchützen. Allein ſie ſowohl, als die übrigen Weichtheile ſind doch vermöge der Narbenbildung den Einflüſſen der Atmoſphäre in höherem Grade, als geſunde Organe ausgeſetzt. Wie überhaupt alte bedeutende Narben bei Veränderungen der Witterung leicht ſchmerzen, ſo erhalten auch die Amputirten ähnliche unangenehme Empfindungen oder ihren ſogenannten Kalender unter den gleichen Verhältniſſen. Der Schmerz wird dann im Stumpfe ſelbſt oder in ihm und der fehlenden Extremität oder der letzteren allein wahrgenommen. Oft kehren hierbei die Empfindungen in ähnlicher Art, wie vor der Operation wieder. Eine Frau, der in Folge einer weißen Kniegeſchwulſt der linke Oberſchenkel amputirt worden, wurde bei ſchlechtem Wetter wie vor der Operation von dem heftigſten Knieſchmerze gefoltert [1]). In einzelnen Fällen zeigt ſich ſogar die eigenthümliche Erſcheinung, daß ſich die unangenehmen Perceptionen von dem Ende des Stumpfes centripetal nach der Rumpfgelenkverbindung des Gliedes hinziehen. Kitzelt man die Narbe oder drückt einen durch die Haut hindurchzuführenden Nervenknoten leiſe, ſo erhöht ſich das Integritätsgefühl. Verſtärkt man den Druck, ſo entſteht nicht nur ein heftiger Schmerz im Stumpfe, ſondern er ſchießt auch mit ſeinem Stechen längs des fehlenden Gliedes hinab.

Dieſe Integritätsgefühle ſind ſo unabweislich, daß ſie trotz aller Gegenzeugniſſe der Sinne und des Geiſtes fortdauern. Der Amputirte hat, während er ſeinen Stumpf ſieht, befühlt oder mit ihm taſtet, die unveränderliche Perception ſeiner vollſtändigen Extremität. Oberſchenkelamputirte empfinden, wenn ſie ein hölzernes Bein tragen, trotz der Integritätsauffaſſung, die Stelle, wo ihr Schenkel aufhört. Läßt man das Stumpfende gegen eine Wand, z. B. die eines Sopha, anlegen, ſo kommt es dem Menſchen vor, als ginge ſein Fuß durch jene hindurch. Sieht er auch das Abſurde einer ſolchen Annahme ſogleich ein, ſo ſtört dieſes doch die Empfindung nicht im Geringſten. Verſtändige Menſchen der Art kommen in der Regel von ſelbſt auf die nothwendigen Widerſprüche, welche zwiſchen ihrem Gefühl, ihren Sinnen und ihrem Bewußtſein exiſtiren. Nichts deſto weniger überraſcht ſie das Erſtere bisweilen dergeſtalt, daß ſie hierdurch zu unzweckmäßigen Handlungen verleitet werden. Ein Mann, der einen Oberſchenkel verloren hatte und lebhaft träumte, ſprang bisweilen ohne weiteres aus dem Bette und fiel hin. Eine Frau, die vor mehr als 20 Jahren beide Füße durch Erfrieren verloren hatte und Stelzen gebrauchte, ſchnallte dieſe los, wenn ſie arbeiten ſaß. Hierbei ereignete es ſich nicht ſelten, daß ſie, von ihrem Integritätsgefühle verleitet, unmittelbar fortgehen wollte und erſt durch das Fallen ihre Infirmität merkte.

Es ergiebt ſich aus dem Dargeſtellten von ſelbſt, daß jede Einwirkung, welche den Stumpf im Ganzen trifft, auf die verlorene Extremität bezogen wird. Als der Ueberreſt des am Trochanter amputirten rechten Oberſchenkels einer Frau von Krämpfen befallen wurde, entſtand die Empfindung, als wenn das ganze Bein durch irgend eine äußere Gewalt von der großen Zehe aus gehoben würde [2]). Wenn der Stumpf verhältnißmäßig bedeutende Knochenwucherungen an ſeinem Ende hat oder in allen ſeinen Theilen durch feſte Verwachſungen und das Einziehen der Narbe geſpannt oder ſehr atrophiſch iſt, ſo hat der Kranke bisweilen fortwährendes Ameiſenlaufen in der fehlenden Extremität und zwar vorzüglich in der Hand oder dem Fuße. Ein ſolcher Myrmecismus tritt immer hervor, ſobald der Ueberreſt des Gliedes aus irgend einem Grunde einſchläft oder mit einem Turniquet oder einer Ligatur eingeſchnürt wird. Der Gang der Erſcheinungen iſt der gleiche, wie an geſunden Körpertheilen. Zuerſt wird die Hand oder der Fuß, dann der Vorderarm oder der Unterſchenkel u. ſ. f. afficirt.

Oertliche Reizungen der einzelnen Nervenſtämme rufen auch beſchränktere Empfindungen hervor. Drückte man bei einem Oberſchenkelamputirten nur die Stelle, an welcher der N. ischiadicus verlief, ſo zeigte ſich das Ameiſenlaufen zuerſt in der großen Zehe, dann in den übrigen Zehen und der nächſten Parthie der Oberfläche des Fußes, hierauf in der Fußſohle, beſonders der inneren Hälfte derſelben, ſpäter mit vorzüglicher Lebhaftigkeit in der Ferſe, dann in der Wade und leiſer auf den beiden unteren Dritttheilen der Oberfläche des Schienbeines, lebhafter dagegen an dem oberen Dritttheile des letzte-

---

[1]) **Rhone** a. a. O. p. 18. 19.

[2]) **Schwarz** in **Gräfe** u. **Walther's** Journal für Chirurgie. Bd. XV. S. 157. 158.

ren dicht unter dem Knie, ſeltener an dieſem und endlich zuletzt nur leiſe in dem mangelnden Oberſchenkelſtücke. Ein nur auf den N. cruralis ausgeübter Druck dagegen rief im Ganzen die Gefühle langſamer hervor. Zuerſt ſchliefen wieder die große Zehe und bald darauf die übrigen Zehen nebſt deren Nachbartheilen am Fußrücken ein. Der Myrmecismus trat dann nur ſchwach an der inneren Seite der Sohle, ſtärker in der Ferſe, mäßig an der Innenſeite des Unterſchenkels, ſpäter, aber heftiger in der Wade, dann in der ganzen Gegend des Schienbeines und dicht unter dem Knie und endlich erſt nach längerer Zeit am Oberſchenkel und dem Ende des Stumpfes hervor. Bei anderen Kranken bewirkte Reizung des N. cruralis die Empfindung des Prickelns in der Rücken-, ſolche des N. ischiadicus dagegen in der Plantarfläche der Zehen [1]). Mit einem Worte, die täuſchenden Gefühle beobachten denſelben Gang, wie die Empfindungen des Einſchlafens bei geſunden Gliedern. Denn auch hier ſchreitet das Prickeln von den Fingern und Zehen weiter nach oben fort.

Aehnliche Erſcheinungen zeigen ſich ſelbſt in Betreff der Muskelbewegungen. Wir haben ſchon oben geſehen, daß eine Perſon, welche die Exarticulation ihres linken Oberſchenkels überſtanden, bei Bewegung der Muskelüberreſte des Geſäßes die Empfindung hatte, als beuge ſie die große Zehe. Ein Mann verlor in Folge eines Unglückes bei Steinarbeiten beide Augen und die rechte Hand. Die Narbe des Stumpfes konnte durch die Zuſammenziehung der Ueberreſte der Flexoren herabgezogen werden. Dem Menſchen kam es dann vor, als wenn die amputirte Hand eingedrückt würde. Legte man den Finger auf die Narbe und ließ die genannte Bewegung vornehmen, ſo hatte er das Gefühl, als wenn er den erſteren mit ſeiner Hand umfaßte und drückte. Im ruhigen Zuſtande erſchienen ihm die Finger immer flectirt, ſo daß er ſie nicht ſtrecken zu können glaubte [2]). Viele Amputirte, die früher längere Zeit an Biegungen des Kniees gelitten, fühlen auch ihr verlorenes Bein in einer gekrümmten Stellung. Es iſt möglich, daß dieſes durch die vorangegangenen habituellen Verhältniſſe bedingt würde. Allein nicht minder denkbar bleibt es, daß bisweilen ein materielles Verhältniß dieſer Täuſchung zum Grunde liege. Iſt nämlich das Gleichgewicht der Muskeln des Oberſchenkels im Stumpfe geſtört, ſo wird die Narbe nach hinten gezogen. Denken wir uns dieſes im ſubjectiven Bewußtſein wiedergegeben, ſo muß es als Flexion des Kniees aufgefaßt werden. Die Thatſache, daß der gefühlte Fuß nicht auf den Boden aufgeſetzt werden kann, unterſtützt dann die Täuſchung.

Die Urſachen dieſer Integritätsgefühle wurden in ſehr verſchiedenen Verhältniſſen geſucht. 1) Man ſah ſie für bloße Folgen der Gewohnheit an. Der Menſch, der ſo lange ſeine Extremität beſeſſen, könne ſich nicht ſobald in den Verluſt derſelben hineindenken. Dieſe Anſicht konnte höchſtens ſo lange gelten, als man glaubte, daß die Integrationsperceptionen nur einige Zeit nach der Operation dauern, ſpäter dagegen verſchwinden. Ueberdies zeugt das Verharren des Gefühls trotz allen Gegenbeweiſes der Sinne und des Bewußtſeins gegen eine ſolche Erklärung. 2) Man ſetzte voraus, daß die vorhandene Extremität den Ergänzungsgrund der mangelnden bilde. Daß dieſes nicht der Fall ſei, beweiſen die Integrationsverhältniſſe von Perſonen, die beide Füße verloren haben. 3) Eine dem gegenwärtigen Stande der Nervenphyſiologie entſprechende Annahme beſtände darin, daß man die Perception als eine Reflexthätigkeit auffaßte. Wir werden nämlich bei dieſer ſehen, daß Muskelzuſammenziehungen Empfindungen veranlaſſen können. Indem nun die Ueberreſte der Muskeln im Stumpfe thätig bleiben, erzeugt ſich auf dieſe Weiſe die Perception des vorhandenen Gliedes. Allein abgeſehen davon, daß hierbei die Verſetzung nach der verlorenen Peripherie und das Auftreten der Empfindung während der Ruhe immer noch zu erklären bliebe, müßten Perſonen, denen der Oberſchenkel aus der Hüfte exarticulirt worden, in geringerem Grade als ſolche, denen er in der Mitte abgenommen wurde, den genannten Täuſchungen unterliegen.

Wie es ſcheint, dürfte daher eine andere Hypotheſe, welche zugleich eine Erläuterung für alle Erſcheinungen der peripheriſchen Reaction abgeben kann, das Problem am beſten erläutern. Wir wiſſen, daß die Primitivfaſern der einzelnen Körperorgane nach dem Gehirn verlaufen. In dieſem Centralwerkzeuge hat jeder Theil ſeinen Repräſentanten. Es bildet auf irgend eine uns noch unbekannte Art den Abdruck aller Körperorgane.

---

[1]) Rhone a. a. O. S. 13. [2]) Ebendaſelbſt S. 21. 22.

Denn nur hierdurch kann jeder von ihnen der Einwirkung unſeres Bewußtſeins unterworfen bleiben. Erfolgt an einer beſtimmten Stelle des Gehirns eine Veränderung, welche eine Nervenfaſer der großen Zehe afficirt, ſo wird die Wirkung in dieſem peripheriſchen Theile als dem ſymmetriſchen Complementarſtücke aufgefaßt. Sie iſt daher die gleiche, es möge die centripetal fortgeführte Anregung in der Nähe ihres peripheriſchen Endes oder an einer Stelle ihres Verlaufes oder im Gehirn ſelbſt Statt finden. Daher die allgemeinen Aeußerungen des Geſetzes der peripheriſchen Reaction. Wird der Fuß amputirt, ſo ändert dieſes nicht die Verhältniſſe der Centraltheile, welche deshalb auch wie im ganz geſunden Zuſtande thätig bleiben, d. h. die Integration des verſtümmelten Körpers bedingen. Daß dieſe auf gewiſſen materiellen Einrichtungen beruhen müſſe, zeigt auch ſchon das Vorherrſchen der Endglieder bei den genannten Ergänzungen. Wenn ein Menſch z. B. ſein Bein wegen der ſchmerzhafteſten Kniekrankheit verloren hat, ſo fühlt er nicht nach ſeiner vollkommenen Heilung vorzugsweiſe das Knie, ſondern den Fuß. Man wird finden, daß die Perception des letzteren oder der Hand bei allen Amputirten vorherrſcht und die Wahrnehmung des Unterſchenkels oder Vorderarmes, des Ellenbogens oder Kniegelenkes unter den gewöhnlichen Verhältniſſen ausbleibt oder ſehr ſchwach iſt. Wahrſcheinlich hängt dieſes mit dem Maximum der Taſtempfindlichkeit, welche der Hand und dem Fuße verliehen worden und den dieſem entſprechenden centralen Einrichtungen zuſammen.

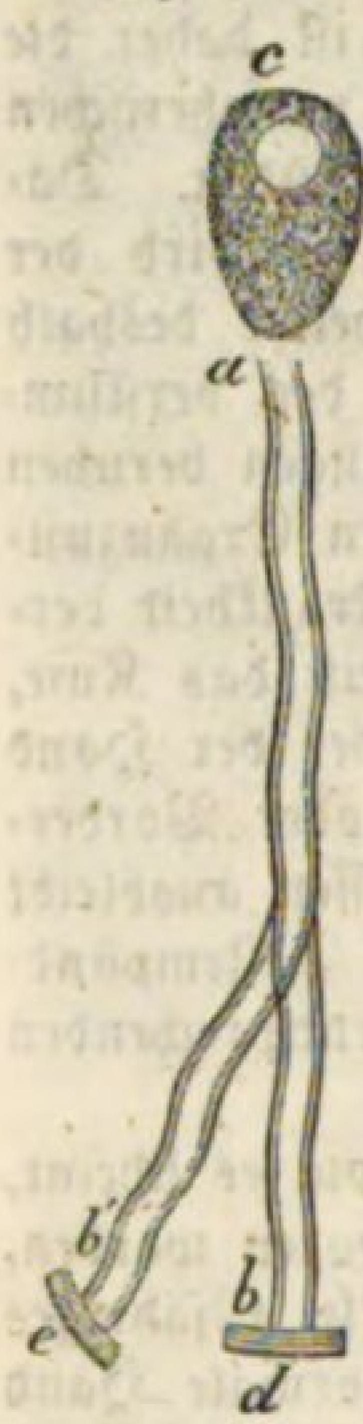
Eine fernere Beſtätigung der eben erläuterten Grundanſicht bildet, wie es ſcheint, die Thatſache, daß Menſchen, welche mit mangelhaften Extremitäten geboren worden, unter manchen Verhältniſſen vollſtändig wie die Amputirten integriren. Ein 19jähriges Mädchen und ein in den Vierzigen befindlicher Mann, die beide nur eine normale Hand hatten, während an der anderen ſtatt der Finger kleine weiche Hautwärzchen ohne Knochen und Muskeln vorhanden waren, glaubten, daß ſie ihre nicht vorhandenen Finger einſchlügen, wenn ſie ihren Handſtumpf flectirten. Kitzeln jener Warzen oder eine Ligatur um den Vorderarm erzeugten dieſelben Erſcheinungen, wie bei einem Amputirten, und ein Druck auf den N. ulnaris Ameiſenlaufen in den äußeren Fingern. Dagegen ſtellte ein 20jähriges Mädchen, welches an beiden Händen nur den kleinen Finger beſaß, alle Integration der fehlenden Theile in Abrede. Eben ſo gaben Perſonen, die mit einem ſehr verkürzten Arme geboren worden, die Länge dieſer verkümmerten Extremität größer an, als ſie wahrhaft war. Ein Individuum, deſſen rechter Vorderarm faſt gänzlich fehlte, ſo daß die verkleinerte Hand an dem Ellenbogen anſaß, hatte das Bewußtſein, als ſei ſeine kranke Extremität faſt eben ſo lang und normal, als die geſunde. Anderſeits integrirte ein 25jähriges Individuum, dem faſt alle Endabtheilungen der vier Extremitäten mangelten, weder im Wachen noch im Traume (Heermann). Halten wir die oben erwähnte Theorie feſt, ſo läßt ſich ein hypothetiſcher Erklärungsgrund für dieſen Wechſel der Erſcheinungen bald auffinden. Alle ſolche Verſtümmelungen ſind Hemmungsbildungen, die ſich entweder nur auf die peripheriſchen Gebilde oder auch auf die ihnen entſprechenden centralen Theile beziehen. Sind nur die erſteren ohne die letzteren unvollſtändig, ſo wird Integration Statt finden, ſonſt dagegen nicht. Dieſe Vervollſtändigung muß aber, wenn nur eine Extremität defect iſt, leichter werden, weil die Vollkommenheit der Anderen die genügende ideelle Auffaſſung des fehlenden im hohen Grade begünſtigt.

Einzelerfahrungen in Betreff aller dieſer Phänomene der Integrationsgefühle finden ſich in: Lemos diss. quae dolorem membri amputati remanentem explicat. Halis, 1798. 8. Gruithuiſen Anthropologie oder von der Natur des menſchlichen Lebens und Denkens, für angehende Philoſophen und Aerzte. München, 1810. 8. S. 280. 81. Joh. Müller Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 705—707. Hecker's neue wissenschaftliche Annalen der gesammten Heilkunde. Bd. III. Berlin, 1836. 8. S. 291—299. Repertorium Bd. I. S. 328—337. De functionibus nervorum. Bernae et Sangalli, 1839. 4. p. 82. 83 G. Th. Rhone De sensuum mendaciis apud eos homines, quibus membrum aliquod amputatum est. *Halis*, 1842. 8. p. 9—24.

Eine fernere nothwendige Folge des Geſetzes der peripheriſchen Reaction
iſt die Thatſache, daß die Verſetzung der Endgebilde, welche beſtimmten 1325
Primitivfaſern entſprechen, die Beziehung der Empfindung auf den urſprüng-

lichen Ort wenigſtens im Anfange nicht ändert. Geſetzt, ab ſei eine ſenſible

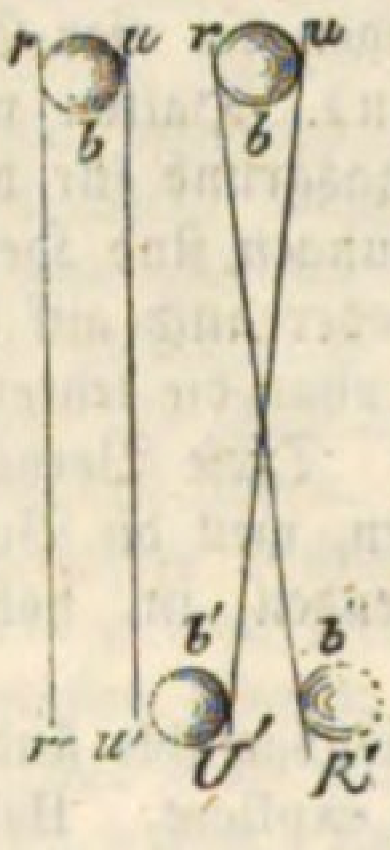
Fig. 212.



Primitivfaſer mit ihrem entſprechenden Centralgebilde c und ihrem Hautſtücke d, ſo wird eine jede Empfindung, welche ab trifft, auf d bezogen. Schneidet man nun d aus und verpflanzt es nach e, ſo wird ein bei e angebrachter Reiz im Anfange und ſo lange ab′ dem urſprünglichen ab entſpricht, nicht in e, ſondern in d wahrgenommen. Einen Beleg hierfür haben wir bei der einen Operationsweiſe der künſtlichen Naſenbildung. Hat man ein dreieckiges Stück aus der Stirnhaut ausgeſchnitten und nach unten umgeklappt, um es ſtatt der fehlenden Naſe an den vorhandenen Naſenſtumpf anzuheften, ſo fühlt der Menſch, ſo lange noch eine Verbindungsbrücke mit der Stirnhaut exiſtirt, ſeine neue Naſe noch nicht. Jede Berührung derſelben macht auf ihn denſelben Eindruck, als ſei ſeine Stirnhaut in Erregung geſetzt worden. Dieſe Täuſchung hört erſt auf, nachdem man ſpäter das Verbindungsſtück durchſchnitten hat. Iſt eine vollkommene Verwachſung mit dem Stumpfe eingeleitet, ſo ſind im Anfange alle Wahrnehmungen ſehr unbeſtimmt, werden aber ſpäter auf die richtige Stelle und nicht mehr auf die Stirn bezogen. Offenbar ſind dann heterogene peripheriſche Endſtücke der Primitivfaſern zuſammengewachſen und der Fall kommt dann in die ſchon §. 1320 erläuterte Kategorie der gegenſeitigen Vereinigung verſchiedener ſenſibler Nerven.

1226 Die Erklärung des §. 1299 angeführten Doppeltfühlens einer Kugel wurde nach demſelben Principe gegeben (Joh. Müller)[1]. Wenn z. B.

Fig. 213.



eine ſolche b bei dem gewöhnlichen Taſten von der Ulnarſeite des Zeigefingers uu′ und der Radialſeite des Mittelfingers rr′ befühlt wird, ſo giebt jeder der beiden Finger die Idee eines Bogenabſchnittes, deſſen Convexität der des anderen zugekehrt iſt. Die Phantaſie ergänzt daher die Empfindung zur Perception einer vollſtändigen Kugel. Sind dagegen die Finger gekreuzt, ſo daß die Betaſtung durch die Radialſeite des Zeigefingers rR′ und die Ulnarfläche des Mittelfingers uU′ erfolgt, ſo ſtört dieſes die urſprüngliche Lage der Theile im Gehirn U′ und R′ nicht im geringſten. Die Auffaſſung bleibt daher die gleiche, als wären die beiden Finger nicht gekreuzt worden. Der Eindruck bei r giebt daher den Eindruck eines Bogentheiles, deſſen Concavität nach der Radialſeite, und die bei u einen ſolchen, deſſen Vertiefung nach der Ulnarſeite gerichtet iſt, d. h. beide wenden ſich von einander ab, wie es bei zwei Kugeln der Fall, bei einer hingegen unmöglich iſt. Die Phantaſie bedingt daher die Vorſtellung des Doppeltfühlens ſtatt der einfachen Empfindung. Dieſe Täuſchungen treten aber um ſo ſchärfer hervor, je mehr auch die zum Verſuche gebrauchte Combination der taſtenden Theile unter

---

[1]) Joh. Müller Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 708.

den gewöhnlichen Verhältniſſen gleichzeitig functioniren. Der doppelte Eindruck erſcheint daher ſchwächer oder bleibt bei manchen Menſchen ganz aus, wenn man die Kugel mit den Ulnarſeiten des rechten und des linken Zeigefingers berührt.

Jede Nervenfaſer reagirt, wie wir ſchon früher (§. 579) ſahen, in 1327
ihrer eigenthümlichen Hauptenergie, der Reiz, welcher ſie trifft, möge welche Eigenſchaften er wolle beſitzen. Hat ſie aber die Fähigkeit, ihre Thätigkeitsäußerungen in mannichfacher Weiſe kund zu geben, ſo hängt es von uns noch unbekannten Verhältniſſen oder, wie man ſich im Allgemeinen ausdrückt, von der Art und dem Grade des Irritamentes und der Stimmung des Nerven ab, welcher Erfolg zu Stande kommt. Es erſcheinen daher dann bei inadäquater Reizung mannichfache ſubjective farbige oder farbloſe Bilder, höhere oder tiefere Töne, welche das Ohrenſauſen darſtellen, eigenthümliche Geruchs- und Geſchmacksempfindungen, ſo wie die Gefühle des Juckens, Kriechens, Brennens, des Kitzels, der Wolluſt, der Kälte und der Wärme. Wir haben auch ſchon bei den Sinnesorganen geſehen, auf welche Art dieſe Verſchiedenheiten der Auffaſſung bei den objectiven Thätigkeiten mittelſt der Eigenthümlichkeiten der adäquaten Reize zu Stande kommen. Es bleibt uns daher hier nur noch zu erläutern übrig, inwiefern dieſe Momente die Thätigkeitsverhältniſſe der Nerven ſtören, oder wenn die letzteren geſchwächt ſind, erhöhen und unangemeſſene Wirkungen erzeugen.

Die eigenthümlichen Energien der einzelnen Nervenfaſern bedingen 1328
es, daß gewiſſe Impulſe, welche von manchen von ihnen mit der größten Feinheit wahrgenommen werden, auf andere ganz wirkungslos bleiben oder nur ſchwache Effecte zur Folge haben. Die Einſtrömung des Lichtes wird von keinem anderen als dem Sehnerven unmittelbar aufgefaßt. Die Erzitterungen vorzüglich feſter oder tropfbar flüſſiger Körper, welche ſtarke Töne hervorrufen, erſcheinen dem Gefühle nur als Bebungen, als eine Reihenfolge leichter Stöße. Die Strömungen der riechenden Luft kommen uns auf keinem anderen Wege als durch das Geruchsorgan zum Bewußtſein.

Jeder ſtärkere mechaniſche Eingriff, welcher die Continuität der 1329
Nervenprimitivfaſern ſtört, ruft die Aeußerung der eigenthümlichen Energie während oder bald nach der Verletzung und in der Folge Lähmung hervor (§. 628). Der Schmerz, welcher in dieſem Falle bei ſenſiblen Nerven entſteht, erregt bisweilen, wenn der getroffene Stamm einen größeren Umfang hat, allgemeinere Erſcheinungen, wie Schauer und Zittern am ganzen Körper, und erſtreckt ſich auch in manchen Fällen centripetal nach dem Rückenmark und dem Gehirn [1]). Wir müſſen aber bei allen ſolchen Verwundungen, die chirurgiſcher Zwecke wegen unternommen werden, den früher erläuterten Geſetzen der Leitung gemäß als Regel anneh-

---

[1]) Ein Beiſpiel der Art bei Zerſchneidung des N. ischiadicus wegen Nervenſchmerzen im Fuße ſ. Malagodi in Froriep's Notizen. Bd. XXX. Weimar, 1831. 4. Nro. 649. S. 170. 71.

men, daß wenn ein Nerv zwei Mal getrennt werden ſoll, das centralere Stück zuerſt zu durchſchneiden iſt, weil natürlich dann das peripheriſche keine weiteren Beſchwerden bei ſeiner Verwundung veranlaßt. Hätten wir alſo z. B. ein Neurom des N. peroneus zu exſtirpiren, ſo muß der erſte Nervenſchnitt oberhalb und der zweite unterhalb der Geſchwulſt geführt werden. Der umgekehrte Gang könnte nur unter beſonderen ſpäter zu erwähnenden Stimmungsverhältniſſen der Nerven, auf welche wir nie mit Beſtimmtheit rechnen können, mit keinen unnöthigen Qualen des Kranken verbunden ſein. Jede Unterbindung des Nerven wirkt wie eine langſame Durchſchneidung, d. h. ſie erregt heftigen Schmerz und unterbricht die Leitung vollſtändig, wenn alle Primitivfaſern des Stammes durch ihren Druck getroffen werden.

Gleichwie eine ſehr raſche Durchſchneidung eines motoriſchen Nerven keine Zuckungen hervorruft (§. 628), ſo verurſacht ſie auch bei ſenſiblen Primitivfaſern weniger Schmerzen als eine langſame. Beiderlei Thatſachen laſſen ſich häufig bei Amputationen beobachten. Wird der Hüftnerve z. B. ſchnell getrennt, ſo zucken oft die Muskeln der Wade und des Fußes gar nicht oder nur ſchwach, während der Kranke den augenblicklichen auch noch ſo heftigen Eingriff leichter überſteht. Umgekehrt bedingt eine ganz allmählige Zerrung, wie wir bei Neuromen, drückenden Geſchwülſten der Nachbartheile des Nerven, Knochenvereiterungen u. dgl. ſehen, die furchtbarſten Leiden. Die Minimalwirkungen, welche hier unaufhörlich Statt finden und ſich auch durch ihre Effecte kund geben, laſſen ſich bisweilen bei der mikroſkopiſchen Unterſuchung erkennen. Während nämlich die Primitivfaſern eines Nerven, der z. B. durch den Druck der Pincette an einer Stelle ſeines Verlaufes unthätig geworden, hier Unterbrechungen des Zuſammenhanges des Nerveninhaltes darbieten, iſt dieſes nicht immer in ſehr ſchmerzhaften Geſchwülſten der Fall. Oft finden wir die Faſern in ausgedehnten Strecken verletzt; oft dagegen zeigen ſie nur einzelne Stellen, an welchen ſie, indem ſie z. B. in die ätzenden Abſonderungsfluida hineinreichen und auf dieſe Art einer fortwährenden chemiſchen Reizung ausgeſetzt waren, verändert oder zerſtört worden ſind. Manche von ihnen werden in Neuromen und anderen drückenden Geſchwülſten geradezu zur Atrophie und zum Verſchwinden gebracht. Der Nerveninhalt erblaßt und vermindert ſich wahrſcheinlich nach und nach, ſo daß die Faſer zuerſt ſchmäler erſcheint, dann auf ihre Scheidenbildung reducirt wird und endlich ganz wegfällt. Bisweilen findet man auch das öligte Contentum weicher, oder es exiſtirt nur noch an einzelnen iſolirten Stellen in Form von Oeltröpfchen oder geronnenen Klümpchen.

Ein allmäliger Druck, der, wenn er kürzere Zeit dauert, bloßes Einſchlafen der Glieder erzeugt, kann durch längere Einwirkung Lähmung hervorrufen. Es ereignet ſich bisweilen, daß Menſchen, welche einen ſtarken Druckverband ausgehalten, deren gebrochenes Glied Wochen lang mit erhärtetem Kleiſter umgeben war, eine Paralyſe der Empfindung der entſprechenden Theile darbieten, ohne daß gerade ein verhältnißmäßig beträchtliches Hinderniß der Blutcirculation angenommen werden kann. Lahme, welche anhaltend an Krücken gehen, leiden bisweilen an Schwäche der Arme und localen Schmerzen der Achſelgrube [1]).

1330 Wir haben ſchon früher (§. 631) geſehen, daß ein motoriſcher Nerv wenigſtens des Froſches ohne Verluſt ſeiner Reizbarkeit ungefähr dieſelbe Temperatur wie die Muskelſubſtanz ſelbſt ohne Zerſtörung ihrer Contractilität und eine entſprechende Veränderung ihrer Cohäſion aushalten kann. Daß auch das gleiche Geſetz für ſenſible Faſern gelte, läßt ſich aus folgendem Verſuche entnehmen. Man enthauptet einen Froſch und läßt ihn einige Minuten liegen, damit eine Affection ſeiner äußeren Haut,

---

[1]) Mayo a. a. O. S. 130 u. 191.

d. h. ein ſenſibler Reiz nach den ſpäter zu erläuternden Geſetzen des Reflexes Bewegung hervorruft. Zieht man nun durch den oberſten Theil des Rumpfes einen Faden und taucht das Ganze in Waſſer von 25° C., ſo wirkt die erhöhte Temperatur deſſelben als ſenſibler Hautreiz, ſo daß die lebhafteſten Reflexbewegungen von ſelbſt entſtehen. Die Wärme der Flüſſigkeit konnte bei meinen im Auguſt an lebhaften und großen Fröſchen angeſtellten Verſuchen bis 45° C. geſteigert werden, ohne daß ſich das Reſultat änderte. Nur äußerſt ſchwache Reflexbewegungen kamen in Einzelfällen bei 47° C. zu Stande. Oft dagegen blieben ſie hier ſchon gänzlich aus, und es zeigten jene §. 631 erwähnten Erſcheinungen der Kochung, welche im December ſchon bei 42° C. zum Vorſchein kamen.

1331 Taucht man den Hüftnerven eines präparirten Froſchſchenkels in Waſſer von 30° bis 40° C., ſo erhält man nicht ſelten im Momente des Einſenkens eine momentane Zuckung. Sie erſcheint aber in manchen Fällen erſt bei dem Herausnehmen aus der Flüſſigkeit, ſo daß dieſe Wirkungsweiſe gewiſſermaßen an die Erſcheinungen der Oeffnungszuckungen der galvaniſchen Ströme (§. 643) erinnert. Bei nicht ſehr reizbaren Schenkeln bleiben beiderlei Reſultate aus. Senkte ich den Nerven in Waſſer von 57° bis 58° C., ſo zeigte ſich bisweilen keine bloß augenblickliche Zuſammenziehung, ſondern der Gastrocnemius und der Soleus blieben längere Zeit verkürzt und verdickt.

1332 So lange die höhere Temperatur als bloßer vorübergehender Reiz gewirkt hat, bieten die Primitivfaſern keine Abweichung vom Normalzuſtande unter dem Mikroſkope dar. Es fehlen ſelbſt die Veränderungen, welche ſonſt durch Waſſer, das freilich in der Regel kälter iſt, bedingt werden. Iſt dagegen die Reizbarkeit durch die höhere Wärme der Flüſſigkeit zerſtört worden, ſo finden wir auch immer dieſen Eingriffen parallel gehende materielle Veränderungen. Lag ein Nerv weniger als eine Minute in Waſſer von 45° C., ſo zeigt er ſich zuſammengeſchrumpft. Er läßt ſich im Ganzen leichter als im friſchen Zuſtande ſpalten und bietet Primitivfaſern dar, welche durchgehends eine geringere Breite und einen grauen, minder durchſichtigen, geronnenen oder ſonſt veränderten Inhalt beſitzen. Befand er ſich nur wenige Momente in Waſſer von 56° bis 58° C., ſo ſind die Ränder des Nerveninhaltes häufig wellig gekräuſelt, während in der übrigen Maſſe deſſelben viele rundliche bis länglichrunde Körperchen, die gewiſſermaßen an wiedererſtarrte Oeltropfen erinnern, wahrgenommen werden.

1333 Was die niederen Temperaturgrade betrifft, ſo ſchwächen ſie die Nervenkraft und lähmen ſowohl die Thätigkeit der Empfindung (§. 1300) als die Bewegung (§. 631). Der wahrſcheinlichſte Grund hiervon liegt darin, daß der ſo ſenſible halbflüſſige Nerveninhalt in ſtärkerem oder geringerem Grade erſtarrt und zur Leitung untauglicher wird. Dieſe ſchwachen Conſiſtenzveränderungen laſſen ſich kaum in ihren erſten Anfängen unter dem Mikroſkope verfolgen.

Wenn noch die menſchliche Hand eine Wärme von 71°,5 C. während 3,5 Secunden aushält (E. H. Weber), ſo hat dieſes vermuthlich darin ſeinen Grund, daß die Oberhaut als

kältere Subſtanz und ſchlechter Wärmeleiter die Hitze, welche ſie afficirt, erſt nach einiger Zeit durch ſich hindurchdringen läßt.

Daß eine der Temperatur des Körpers entſprechende äußere Wärme alle Functionen und mithin auch die des Nervenſyſtemes in hohem Grade fördert, zu große anhaltende Hitze dagegen eine örtliche und allgemeine Erſchlaffung nach ſich zieht, haben wir ſchon früher (§§. 109—117) wahrgenommen. Eine andere Frage iſt jedoch, ob geſchwächte oder gelähmte Nerven verſchieden reagiren, je nachdem die höhere Temperatur aus dieſem oder jenem erregenden Körper ausſtrömt. Während wir dieſen Punkt von rein phyſikaliſchem Stande verneinend beantworten müſſen, ſcheinen die vorurtheilsfreien Erfahrungen der praktiſchen Medicin keine anderen Reſultate zu liefern. Die feuchte Wärme, wie ſie von einem Breiumſchlage geliefert wird, ſtillt zwar manche Schmerzen weit eher als die trockene eines feſten Körpers. Allein offenbar findet hier noch eine Nebenwirkung der Flüſſigkeit auf das Blut, welches überdies in dem Kataplasma etwa enthaltene Narcotica aufnehmen kann, Statt. Ob aber das Eintauchen gelähmter Glieder in das noch dampfende Blut friſch geſchlachteter Thiere beſondere Vorzüge und andere Wirkungen, als die der Wärme darbiete, ſteht dahin.

1334 Die Elektricität bildet einen der mächtigſten Erreger der Nerventhätigkeiten. Hierbei kommt zunächſt, abgeſehen von der abſoluten Stärke des elektriſchen Stromes, der Leitungswiderſtand in Betracht. Wir haben ſchon früher (§. 117) bemerkt, daß der unſeres Körpers zwar geringer, als der von Waſſer bei 37°,7 C., dagegen um Vieles ſtärker, als der von Metallen, z. B. Kupfer iſt. Er fällt aber nicht bloß bei verſchiedenen Individuen verſchieden aus, ſondern ſeine Größe hängt auch bei einem und demſelben Menſchen unter ſonſt gleichen Verhältniſſen, wie die Verſuche von Ptſchelnikoff und Lenz [1]) erhärten, von mannichfachen Nebenumſtänden ab.

1) Er wird im Allgemeinen ſchwächer, wenn ſich die den elektriſchen Strom aufnehmende Fläche vergrößert. Bedient man ſich zu dieſem Zwecke nur der Finger, ſo ſtehen beide Größen in annähernd umgekehrtem Verhältniſſe zu einander. So z. B. verhielten ſich die Leitungswiderſtände bei dem Gebrauche je eines oder zwei oder vier Finger beider Hände = 34,09 : 19,20 : 9,10 = 3,746 : 2,110 : 1. Wurden dagegen die Hände im Ganzen eingeſenkt, ſo fiel der Widerſtand verhältnißmäßig größer aus, als ſich der Oberflächenvermehrung nach erwarten ließ. Er betrug in dem erwähnten Falle 6,06, oder, wenn man den Werth der vier Finger = 1 ſetzt, 0,666. Möglicher Weiſe kann dieſes davon herrühren, daß die Taſtempfindlichkeit und der Nervenreichthum an den Fingern bedeutender als an der übrigen Hand iſt. Wollen wir daher bei der mediciniſchen Anwendung der Elektricität den Strom möglichſt benutzen, ſo müſſen wir eine große und empfindliche Contactfläche der Haut gebrauchen.

2) Schon die tägliche Erfahrung lehrt, daß ein bedeutender Theil des Leitungswiderſtandes durch die Epidermis bedingt wird. Iſt ſie dünner oder fehlt ſie ſogar, ſo wird er ſchwächer und die Wirkung deshalb größer. Ein galvaniſcher Strom, der uns ſonſt nicht afficirt, wird ſchmerzhaft, wenn er durch eine noch ſo kleine Wunde geht oder gar ſeine Elektroden

---

[1]) Poggendorff's Annalen der Physik u. Chemie. Bd. LVI. Leipzig 1842. 8. S. 429—41. Die im Folgenden angeführten Zahlen der Leitungswiderſtände beziehen ſich auf den von den genannten Forſchern gebrauchten Clarke'ſchen magnetelektriſchen Apparat. Will man ſie auf die eines Kupferdrahtes von 1 engl. Meile Länge und 1 Millimeter Dicke beziehen, ſo muß man ſie mit 43795 multipliciren.

auf dieſe ſelbſt oder eine Epithelialſtelle applicirt werden. Das Gleiche bekräftigen auch die numeriſchen Beſtimmungen. Wurde z. B. als Verbindungsflüſſigkeit Waſſer, das 1 % Vitriolöl enthielt, gebraucht, ſo zeigte ſich bei Berührung mit unverletzten Händen ein Widerſtand von 6,06. Er ſank aber auf 4,81, als ſich an der einen Hand eine kleine blutige Schramme befand.

3) Eben ſo fällt er je nach Beſchaffenheit der verbindenden Flüſſigkeit verſchieden aus. Queckſilber z. B. ſetzt ihn weniger als die Berührung der Meſſinghalter der magnetelektriſchen Maſchine mit feuchten Hautſtellen herab. Noch günſtigere Verhältniſſe zeigen ſich, wenn man als Leitungsflüſſigkeit Waſſer mit 1 % oder gar 4 % Vitriolöl anwendet. Die Durchfeuchtung und Anätzung der Oberhaut ſpielt hierbei die Hauptrolle. Endlich

4) ſteht die Intenſität des Schmerzes, welchen ein elektriſcher Schlag verurſacht, in keinem directen Verhältniſſe zu den abweichenden Größen des Leitungswiderſtandes, welchen verſchiedene Perſonen darbieten. Ein Menſch kann einem galvaniſchen Strome eine geringe Reſiſtenz wegen der Beſchaffenheit ſeiner Körperorgane und vorzüglich ſeiner Oberhaut entgegenſetzen und nichts deſto weniger unbedeutendere phyſiologiſche Empfindungen darbieten, und umgekehrt. Denn die Empfänglichkeit des Nervenſyſtemes, die übrigens weder durch Alter noch durch Geſchlecht direct beſtimmt wird, bildet den unmittelbaren Factor der Schmerzenswahrnehmungen.

Der Leitungswiderſtand der bloßen Nerven iſt bis jetzt noch nicht numeriſch ermittelt worden. Allein ſowohl die fettige Beſchaffenheit des Nerveninhaltes als einzelne bei phyſiologiſch-elektriſchen Verſuchen zu beobachtende Erſcheinungen laſſen mit Recht auf eine verhältnißmäßig bedeutende Größe deſſelben ſchließen. Nach Matteucci[1] leiten zwar die Nervenfaſern den galvaniſchen Strom etwas beſſer als die Gehirnſubſtanz, werden aber in dieſer Hinſicht von den Muskeln ungefähr um das Vierfache übertroffen.

Der Einfluß, welchen die Elektricität auf die Nerven ausübt, hängt 1335
außerdem noch von zwei von einander unabhängigen Momenten, nämlich der Reizbarkeitsſtimmung der Organe und der Größe des eingeleiteten galvaniſchen Stromes ab. Was die erſteren Verhältniſſe betrifft, ſo ſcheinen ebenfalls die weſentlichen Geſetze, welche wir rückſichtlich der Einwirkung galvaniſcher Ströme auf die motoriſchen Nerven bei Gelegenheit der Muskelbewegung kennen gelernt haben (§§. 634—659 u. §. 821), auf die ſenſiblen Faſern anwendbar zu ſein. Die Elektricität wirkt zunächſt als Reiz und verurſacht Schmerzen, deren Größe durch den Grad der Empfindlichkeit des Individuums beſtimmt wird. Sie wirkt aber zu gleicher Zeit als örtliches Irritament und erzeugt nicht bloß das Gefühl des Brennens an der afficirten Stelle, ſondern kann auch Röthung, Entzündung

[1]) C. Matteucci Traité des phénoménes electro-physiologiques des animaux. Paris, 1844. 8. p. 48.

und in Wunden eine Veränderung des Secretes hervorrufen. Wird ſie anhaltend, jedoch in mäßiger Quantität und in gehörig berechneten Zwiſchenräumen eingeleitet, ſo ſtärkt ſie die Nerven, gleich jedem anderen paſſend gebrauchten Irritamente. Die häufigen durch ſie veranlaßten Nervenſtrömungen bedingen die gewöhnlichen Folgen der Uebung. Es vergrößert ſich die Empfindlichkeit und das Bewegungsvermögen. Uebertreibung ihres Gebrauches ſchadet einerſeits durch Ueberſpannung und die ihr nachfolgende Lähmung und anderſeits durch die ſtarke Congeſtion und Entzündung, welche als Begleitungserſcheinungen auftreten.

Die Voltaiſche Alternative und das Marianiniſche Geſetz gelten wahrſcheinlich auch für die Empfindungen unter denſelben Beſchränkungen, welche ſchon bei Bewegungserſcheinungen angeführt worden (§. 651). Leitet man den poſitiven Strom einer magnetelektriſchen Maſchine in einen mit Kehlblaſen verſehenen männlichen Froſch eine Zeit lang centripetal ein, ſo hört bisweilen das Thier zu ſchreien auf und beginnt ſeine Klagetöne von Neuem, ſo wie man dieſelbe Elektricität centripetal durchführt. Eben ſo geben manche Fröſche einen größeren Schmerz bei dem centripetalen, als dem centrifugalen Durchgange der Elektricität durch ihren Körper zu erkennen. Jedoch bleiben dieſe Verſuche ſelbſt im günſtigſten Falle ſehr zweideutig, ſo daß ſich aus ihnen höchſtens Wahrſcheinlichkeitsſchlüſſe, welche noch durch die Theorie ferner unterſtützt werden, entnehmen laſſen.

Die tägliche Erfahrung lehrt, daß die Größe des galvaniſchen Stromes, wenn er entſprechend wirken ſoll, gewiſſe Grenzen nicht überſchreiten darf. Iſt ſie zu gering, ſo bleibt aller Effect aus. Zu große Stärke dagegen lähmt ſogleich und hat, wie uns der Blitz und große Batterien lehren, den Tod oder wenigſtens Betäubung zur Folge. Eben ſo verſteht es ſich von ſelbſt, daß die Reizempfänglichkeit und die Art der Zuleitung die beiderſeitigen Grenzen des ohne anhaltenden Schaden thätigen elektriſchen Stromes beſtimmen müſſen. Ein einfaches galvaniſches Plattenpaar, welches ſelbſt unſere befeuchtete Haut unafficirt läßt, kann ſchon in einem Froſche Effecte erzeugen. Wirkt es nicht auf die Epidermis, ſo greift es auf der Zunge oder in einer Wunde tiefer ein. Ein ſchwacher elektriſcher Strom kann ſelbſt bei friſch getödteten Kaninchen allgemeinere Wirkungen und Zuckungen entfernter Theile durch Ausbreitung innerhalb der feuchten Gewebe bedingen.

Die Bewegungen, welche durch mäßige galvaniſche Ströme veranlaßt werden, fallen um ſo ſtärker aus, je mehr Elektricität in Cirkulation geſetzt worden. Ob aber die Quantität der thätigen Strömung in directem Verhältniſſe mit der Stärke der Wirkung ſtehe, iſt noch nicht ſicher ausgemacht. Jedoch ſprechen dafür theoretiſche Gründe in hohem Grade (Vgl. §. 821). Wäre dieſes der Fall, ſo müßte ſich eine Zahl des durch die Nerventhätigkeit bedingten Krafteffectes der Muskeln, welche einer beſtimmten Größe des elektriſchen Stromes entſpricht, auffinden laſſen. Da man die letztere durch eine entſprechende Abweichung einer bekannten Tangentenbouſſole oder noch beſſer durch ein Quantum zerſetzten Waſſers oder oxydirten Zinks ausdrücken kann, ſo wäre es auf dieſem Wege eben ſo

gut möglich, das elektriſche Aequivalent der Nerventhätigkeit zu beſtimmen, wie man z. B. das elektrochemiſche Aequivalent des deſtillirten Waſſers ermittelt hat.

Einen vorläufigen Verſuch der Art hat Matteucci [1]) gemacht. Er hing einen bis vier präparirte Fröſche an einer Meſſingpincette auf, band die unteren Extremitäten derſelben an dem Tarſus zuſammen und befeſtigte daran einen Eiſendraht und an dieſen eine Bleikugel. Die beiden letzteren Stücke wogen zuſammen 5,5 Grm. Nebenbei war an ihnen ein Strohhalm oder ein anderer Zeiger vor einer Millimeterſkala angebracht. Ein Kupferdraht haftete in den Muskeln des Beckens. Der Schluß der zu den Beobachtungen dienenden Säule, welche aus ſechs Bunſen'ſchen Elementen beſtand, erfolgte durch dieſen Draht und die Pincette.

Matteucci glaubt nun zunächſt auf dieſem Wege ermittelt zu haben, daß die Laſtwirkung der afficirten Muskeln der Größe des galvaniſchen Stromes innerhalb gewiſſer Grenzen proportional ſei. Die Froſchfüße hoben aber im Allgemeinen die Bleikugel, wenn ſechs Bunſen'ſche Elemente einwirkten, in den 10 erſten Zuſammenziehungen um 4, in den 20 folgenden um 3 und den 70 ſpäteren um 2 Millimeter, folglich im Durchſchnitt um $\frac{10 \times 4 + 20 \times 3 + 70 \times 2}{100} = 2,4$ Millimeter. Nun betrug das Gewicht der Bleikugel 5,5 Grm. und das der Beine 2,86 Grm. Folglich glich die gelieferte Arbeit (0,0055 + 0,00286) Kilogr. × 0,0024 Meter = 0,00002064 Kilogr.-Meter. Die durchſchnittliche Dauer einer Zuſammenziehung war 0,32 Secunde. Es lieferten mithin 300000 Contractionen, welche 96000 Secunden dauerten, eine Arbeit von 6,0192 Kilogramm-Meter. Das während dieſer Zeit durch den gleichen galvaniſchen Strom erzeugte Knallgas betrug 22,5 Cubikcentimeter. Dieſes entſpricht 43,20 Grm. durch den Strom aufgelöſten Zinkes. Reducirt man die Werthe auf 24 Stunden, ſo erhält man 5,5419 Kilogramm-Meter Arbeitsmenge und 37,7 Grm. Zink. Nun ruft ein Bunſen'ſches Paar die gleiche Laſtwirkung, wie ſechs hervor. Das erſtere verhielt ſich aber zu dem letzteren, wie das Voltaimeter ergab, = 1 : 565. Es bedingen daher $\frac{37,7}{565} = 0,066$ Grm. eine tägliche Laſtwirkung von 5,5419 Kilogramm-Meter.

Verſuche, welche mittelſt abgeleiteter Ströme angeſtellt worden, lehrten ferner, daß ein das Becken des Froſches durchlaufender elektriſcher Strom nur mit $\frac{1}{11}$ ſeiner Größe die Lendennerven afficirt. Mithin kommt jene tägliche Arbeit von 5,5419 Kilogramm-Meter auf 6 Milligramm Zink. Der letztere Werth reducirt ſich aber mindeſtens auf die Hälfte, wenn man bedenkt, daß das Gewicht nur mit dem Ueberſchuß der Kraft der Flexoren über die der Extenſoren gehoben wird. Man kann daher als Endreſultat annehmen, daß eine Säule, die in 24 Stunden 3 Milligramm Zink auflöſt, an dem Fuße des Froſches 5,5419 Kilogramm-Meter Laſtwirkung erzeugt. Nun würden aber 3 Milligramm Zink in der magnetelektriſchen Maſchine, z. B. von Jacobi, nur 0,96 und 3 Milligramm Kohle in einer Dampfmaſchine 0,8304 Kilogramm-Meter Arbeit geben. Die Muskeln produciren mithin weit mehr, als die Apparate des Menſchen mit den gleichen Mitteln hervorbringen.

Betrachten wir dieſe Mittheilungen genauer, ſo ergiebt ſich, daß das Endreſultat noch um Vieles größer ausfallen muß. Die ſcheinbar einfache Methode nämlich, die Laſtwirkung der Muskeln dadurch zu finden, daß man an ihrem unteren Ende ein Gewicht befeſtigt und nun ſieht, wie hoch es gehoben wird, könnte nur dann zu einem ſicheren Reſultate führen, wenn man ſchon vorher das Maximum der Laſt, welche die Muskeln zu bewegen im Stande ſind, kennen würde. Iſt dieſes nicht der Fall, ſo irrt man ſehr, wenn man einen Schluß aus der conſtant bleibenden Höhe der Hebung der Laſt auf die mögliche Größe der Arbeit machen will. Denn das Maximum der Verkürzung der Muskeln bildet hier ebenfalls einen weſentlichen Factor. Geſetzt, man fände, daß ein Froſchſchenkel eine Bleikugel von 8 Grm. bei ſchwächeren wie ſtärkeren galvaniſchen Strömen 4 Millimeter in die Höhe zöge, ſo iſt dadurch noch nicht dargethan, daß das

[1]) Annales de Chimie et Physique. Troisième Série. Tome XI. Paris, 1844. p. 408 fgg.

Maximum der Laſtwirkung, auf welches es bei ſolchen Beobachtungen allein ankommt, 0,000032 Kilogramm-Meter betrage. Denn ein Gewicht von 40 Grm. wird wahrſcheinlich auch noch 4 Millimeter gehoben werden. Der conſtante Werth der letzteren Größe rührt nur davon her, daß ſie das Maximum der möglichen Längenverkürzung der Muskelfaſern darſtellt. Aus dieſem Grunde bedurfte es des ſo complicirten oben S. 176 abgebildeten Myodynamometers, um eine ſolche Klippe zu vermeiden und abſolute Maxima der Kraftwirkung zu erhalten. Bedenken wir nun, daß ſich an dieſem Inſtrumente nachweiſen läßt, daß 1 Grm. Froſchmuskel bei größter Wirkung ſehr häufig 2000 Grm. 1 Millimeter hoch heben kann, ſo müſſen wir, wenn wir Matteucci's übrigen Wahrſcheinlichkeitsbeſtimmungen folgen wollen, für eine Zuckung, die 0,32 Secunden dauert, 0,002 Kilogramm-Meter Arbeit annehmen. Dieſes giebt für 24 Stunden und 3 Milligramm Zink $\frac{0,002 \times 0,60 \times 60 \times 60 \times 24}{0,32} = 324,00$ Kilogr. Meter. Arbeitet aber eine magnetelektriſche Maſchine mit derſelben Menge von Zink 0,96 Kilogramm-Meter, ſo verhält ſich das Thätigkeitsäquivalent derſelben zu dem der Froſchmuskeln = 0,96 : 324,00 = 1 : 337,50. Dieſe ſcheinbar ſo große Zahl beruht noch keineswegs, wie man ſieht, auf etwa angenommenen Maximalwerthen der Wirkung der Muskelcontraction und kann uns auch nicht befremden, wenn wir uns erinnern, daß die Natur in uns nach einer mäßigen Schätzung 125 Mal weniger Kohlenſtoff verbraucht, als eine Dampfmaſchine für die gleiche Laſtwirkung nöthig hat (§. 107).

1336 Ein ſehr werthvolles Mittel, um die phyſiologiſchen Effecte der Elektricität zu verſtärken, beſteht in der Anwendung von inducirten oder überhaupt mehr ihrer Intenſität als ihrer Quantität nach verſtärkten Strömen, welche durch ſehr lange und dünne iſolirte Kupferdrähte hindurchgehen. Man kann auf dieſe Weiſe die heftigſten Wirkungen durch ein einziges Plattenpaar von 1 Quadratzoll Oberfläche erhalten. Sie erſcheinen aber nicht bei dem Schluſſe, ſondern bei der Oeffnung der Kette. Die Funkenbildung erhöht ſich im Allgemeinen nach Maaßgabe des ſtärkeren Einfluſſes auf den thieriſchen Organismus. Dagegen zeigt die Abweichung der Magnetnadel eine gewiſſe Unabhängigkeit von dieſen Erſcheinungen. Jacobi z. B. wickelte über einen Holzcylinder von 1½ Zoll im Durchmeſſer einen 800 Fuß langen und ¾ Linie dicken mit ſeidenem Bande genau umſponnenen Kupferdraht. Wurde nun eine einfache Kette von ½ Quadratzoll Oberfläche mit Einſchiebung der genannten Vorrichtung geſchloſſen, ſo entſtanden bei dem Oeffnen ſo heftige Schläge, daß ſie ſich bis über die Schultern des Menſchen erſtreckten und ihrer Stärke wegen die Wiederholung des Experimentes nicht anriethen [1]). Man nennt einen ſolchen ſehr langen, eingewickelten und mit Seide umſponnenen Kupferdraht eine elektromagnetiſche oder elektrodynamiſche oder Inductionsſpirale.

Sind aber ſchon ihre Wirkungen an und für ſich bedeutend, ſo können ſie noch weſentlich durch die zweckmäßige Einlegung eines Eiſenkernes in ihr Inneres verſtärkt werden. Wird nämlich die Spirale von außen mit einer Eiſenhülſe umgeben, ſo entſteht keine Vergrößerung der Wirkung. Allein ſeine Formverhältniſſe haben, wenn er ſich in dem Innern derſelben befindet, einen eigenthümlichen Einfluß. Ein hohler Eiſencylinder wirkt in dieſer Beziehung ſtärker als ein ſolider, ein der Länge nach aufgeſchlitzter beſſer, als ein continuirlicher und ein ſpiralig eingerolltes Eiſen-

---

[1]) Repertorium der Physik. Bd. I. Berlin, 1837. 8. S. 329. 30.

blech vortheilhafter als ein maſſives Rohr. Eine Menge einfach zuſammengebundener Eiſendrähte endlich liefert die vortheilhafteſten Bedingungen, ſo daß ſich alſo dieſe mit der Größe und der Zahl der Unterbrechungen des Zuſammenhanges der eingeleiteten Eiſenſtücke erhöhen [1]).

Die mediciniſche Anwendung der Elektricität iſt durch die auf dieſem Gebiete in unſeren Tagen gemachten Entdeckungen der Phyſik in eine neue Phaſe getreten. Als die bloße Elektriſirmaſchine in früheren Zeiten zu ärztlichen Zwecken zu Gebote ſtand, hatte man es mit einem Agens zu thun, welches unverhältnißmäßig geringere elektrolytiſche, als phyſiologiſche Wirkungen lieferte. War aber ſchon hierdurch der nützliche Gebrauch der Elektricität eingeſchränkt, ſo wurde der Uebelſtand noch durch den Mangel gehöriger Vorrichtungen, um die Schläge raſch genug hinter einander folgen zu laſſen, erhöht. Iſt auch dieſer Nachtheil durch die Conſtruction mancher Gyrotrope, z. B. des Neef'ſchen Blitzrades gegenwärtig gehoben, ſo ſtehen uns doch jetzt andere elektriſche Apparate zu Gebote, welche die gewöhnliche Reibungselektricität entbehrlich machen. Die Entdeckung der galvaniſchen Säule lieferte zwar ein Mittel, das neben ſeiner phyſiologiſchen auch ſtarke elektrochemiſche Effecte bedingt. Allein ſie hatte ſelbſt abgeſehen von der Nothwendigkeit der Anwendung beſonderer Gyrotrope den Nachtheil, daß ihre Wirkung mit der Zeitdauer ihrer Thätigkeit und der Oxydation der als Elektromotoren gebrauchten Metalle abnimmt. Hieraus erklärt ſich, weshalb man die gewöhnliche Reibungselektricität bis vor wenigen Jahren dem Galvanismus in dieſer Hinſicht zum Theil vorzog.

Die elektromagnetiſchen Rotationsapparate und die elektrodynamiſchen Spiralen mit oder ohne eingelegte Eiſenkerne eliminiren die genannten Nachtheile, ſo daß ſie allein in der Medicin gegenwärtig gebraucht werden müſſen. In der That bediente man ſich ſchon zu dieſem Zwecke der elektromagnetiſchen Maſchinen von Sarton, Clarke, Steinheil, Keil, Ettingshauſen, Stöhrer u. dgl., der elektromagnetiſchen Spiralen oder Schnecken von Schoenbein, de la Rive und Bonijol und der Magnetelektromotoren von Neef, Wagner und Roſenthal. Die Einrichtung aller dieſer Apparate läßt ſich leicht durchſchauen, ſobald man den Haupttypus derſelben kennt, weil dann nur untergeordnete Eigenthümlichkeiten der Mechanik jede einzelne Vorrichtung charakteriſiren.

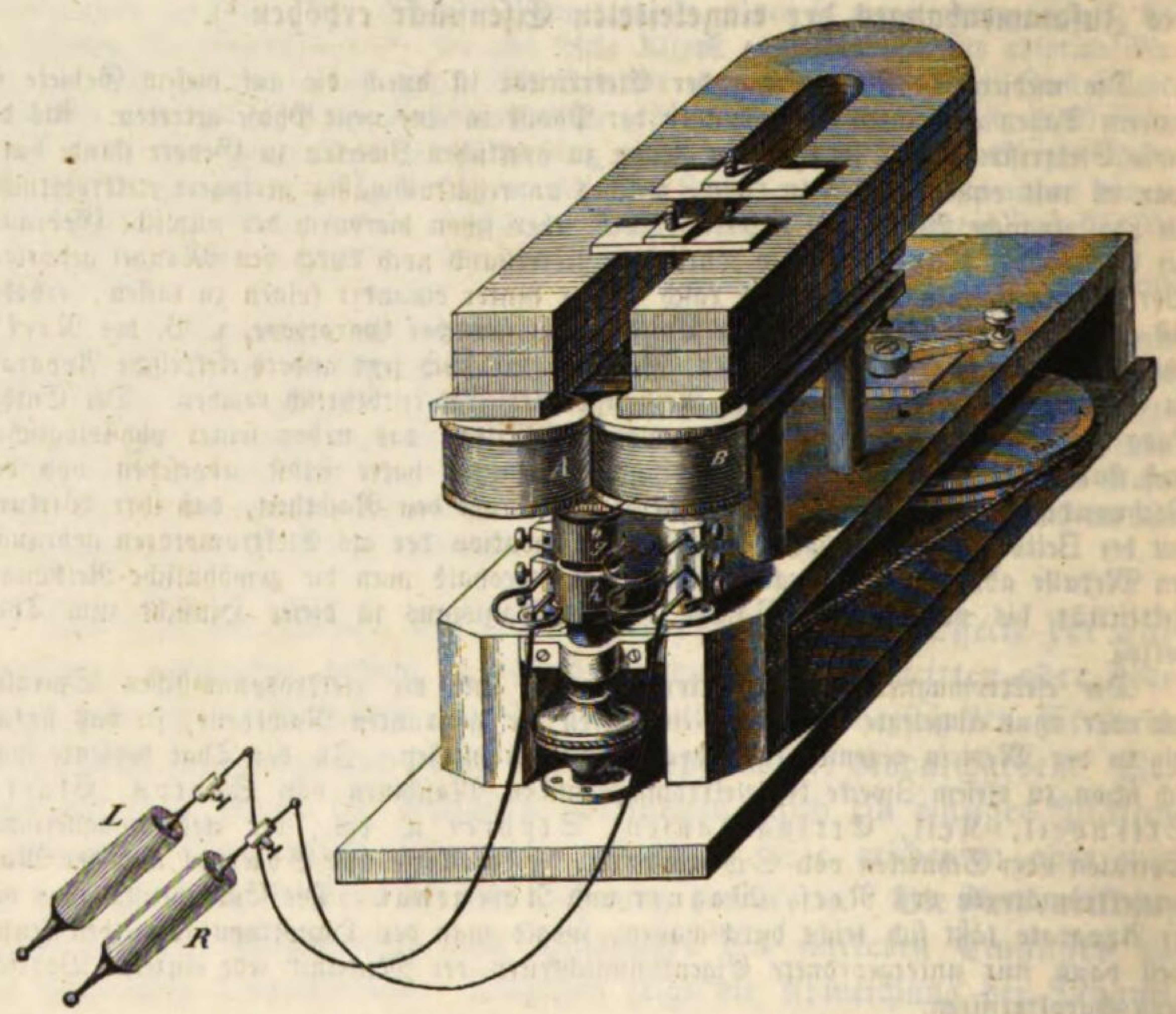
Fig. 214 a. zeigt uns den Ettingshauſen'ſchen magnetelektriſchen Rotationsapparat zu phyſiologiſchen und mediciniſchen Anwendungen eingerichtet. Mehrere auf einander gelegte, hinreichend ſtarke Hufeiſenmagnete ſtehen mit den Inductionsſpiralen, welche durch einen ſehr langen, dünnen und überſponnenen Kupferdraht gebildet werden, in Verbindung. Die letzteren laſſen ſich durch ein Treibrad dergeſtalt drehen, daß ſie mit den in ihnen enthaltenen Eiſenkernen unter den Polen der Magnete herumgehen und bald mit ihnen verbunden, bald dagegen von ihnen losgeriſſen werden. Jeder der Kerne nimmt daher abwechſelnd eine Nord- und Südpolarität an. Das eine Drahtende der Spirale iſt an einem von der eiſernen Umdrehungsachſe durch Holz oder Elfenbein iſolirten Eiſenring g, das andere an dem mit ihm verbundenen Ringe h befeſtigt. g und h repräſentiren mithin die Drahtenden, und der Kreis iſt, wenn ſie metalliſch verbunden ſind, geſchloſſen. Um aber den menſchlichen oder thieriſchen Körper in die Bahn des erregten elektriſchen Stromes zweckmäßig einſchalten zu können, dient folgende Einrichtung. Zwei mit mehreren Löchern verſehene meſſingene Pfeiler befinden ſich zu beiden Seiten der Rotationsachſe. In den rechten kommt eine obere Stahlfeder, welche auf dem iſolirten Ring g bei dem Drehen ſchleift und eine continuirliche Verbindung unterhält. Unter ihr befindet ſich eine zweite Feder, welche auf dem unteren Theile von h dahingeht. Dieſe Portion von h iſt aber, wie es auch die Figur andeutet, zur Hälfte ausgeſchnitten, ſo daß daher die rechte Stahlfeder, je nachdem ſie h berührt oder nicht, die Leitung vollſtändig macht oder unterbricht. An dem linken Pfeiler exiſtirt eine dritte Feder, welche auf dem ununterbrochenen oberen Theile von h dahingeht. Von dem rech-

---

[1]) Eine kurze Zuſammenſtellung der Reſultate der hierher gehörenden Erfahrungen von Sturgeon, Faraday, Magnus u. A. ſiehe in R. Wagner's Handwörterbuch der Phyſiologie. Bd. I. Braunſchweig, 1842. 8. S. 542—44.

ten ſowohl als dem linken Pfeiler kommen zwei Drähte mit den Handhaben L und R. Dieſe werden mit den beiden befeuchteten Händen oder anderen Theilen des menſchlichen

Fig. 214 a.



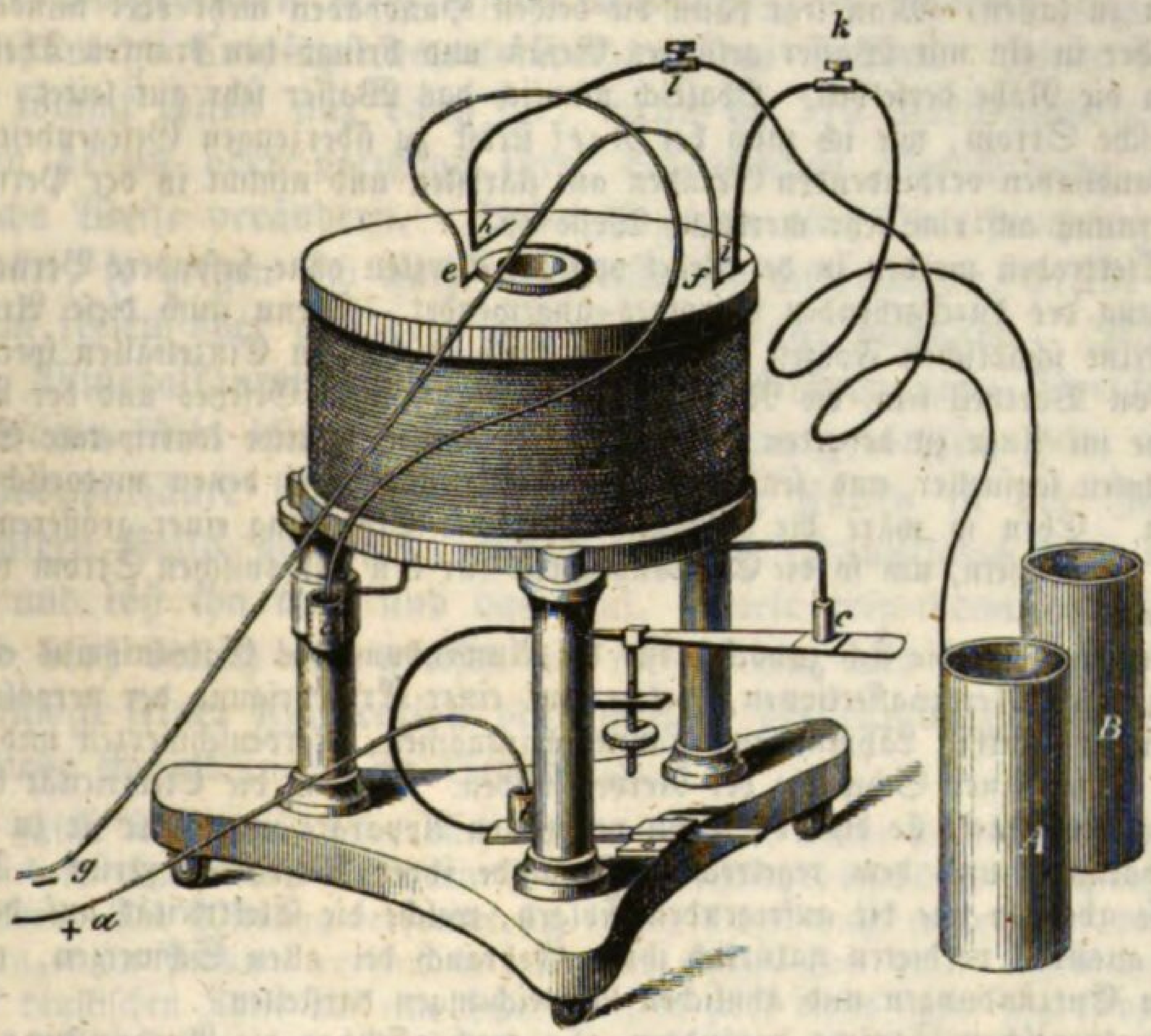
oder thieriſchen Körpers berührt. Schleift nun die untere rechte Feder auf der vollſtändigen Hälfte von h, ſo ſind natürlich g und h oder die beiden Theile der Inductionsſpirale unmittelbar geſchloſſen. Gelangt ſie dagegen auf die unterbrochene Parthie von h, ſo ſchließen erſt L und R mit dem zwiſchen ihnen eingeſchalteten Menſchen oder Thiere den Kreis. Nun gelangt aber die untere rechte Spirale an den unterbrochenen Theil, wenn die Pole des in den Inductionsſpiralen befindlichen Eiſenkernes von denen der Hufeiſenmagnete abgeriſſen werden. Der Oeffnungsſtrom geht daher dann durch den lebenden Körper und erzeugt ſeine ſtarken oben angeführten phyſiologiſchen Wirkungen.

Die elektromagnetiſchen Spiralen oder Schnecken reduciren ſich darauf, daß man ſehr lange umſponnene Kupferdrähte mit oder ohne eingelegte Eiſenkerne oder Eiſendrahtbündel gebraucht und ſie entweder zu inducirten Strömen benutzt oder unmittelbar als Leitungsdrähte anwendet. Der von Neef und Wagner angegebene Magnetelektromotor zeichnet ſich noch dadurch aus, daß er ſelbſt die fortwährende Schließung und Oeffnung durch eine angebrachte ſcharfſinnige Nebenvorrichtung beſorgt.

Fig. 214 b. zeigt uns den Apparat ohne die Elektromotoren. Zwei mit verſchiedenfarbiger Seide umſponnene Kupferdrähte ſind in Form einer Inductionsſpirale aufgewickelt. Derjenige Draht, welcher den inducirten Strom erzeugen ſoll, hat ſeine beiden Enden in h l und i k. Sie ſtehen mit zwei metalliſchen Cylindern oder Handhaben A und B in Verbindung. Die eine Elektrode a b des Elektromotors taucht in ein Queckſilbernäpfchen b Von hier iſt aber eine Verbindung, welche den weſentlichen Theil des Mechanismus, die automatiſche Schließung und Oeffnung beſorgt, mit dem Näpfchen d eingeleitet. Derjenige Fuß des Apparates, an welchem d befeſtigt iſt, beſitzt hier einen mit ihm zuſammengelötheten Kupferring. Von ihm aus geht ein Kupferdraht horizontal unter der Inductionsrolle und trägt bei c einen kleinen Hammer von Platin, welcher ſich auf ein durch einen Kupferdraht mit b verbundenes Platinablatt ſtützt. Der obere Draht iſt

an einer Stelle ſo platt geklopft, daß er federt und die Bewegung des Hammers c mit Leichtigkeit geſtattet. Nun befindet ſich im Innern der Inductionsrolle ein Cylinder von

Fig. 214 b.



weichem Eiſen, der natürlich im Augenblicke der Thätigkeit des inducirenden Stromes magnetiſch wird. Unter ihm liegt an dem oberen Drahte eine Eiſenplatte. Dieſe wird natürlich durch den magnetiſchen Eiſencylinder angezogen und hebt auf dieſe Art mittelbar den Hammer c von ſeinem Blatte ab. Der Strom wird daher hierdurch unterbrochen. Das Eiſen verliert dann ſeinen Magnetismus. Der Hammer fällt nieder, und der Schluß erfolgt von Neuem. Die Maſchine iſt daher im Stande, ſich ſelbſt zu ſchließen und zu öffnen. Eine noch angebrachte Schraube regulirt die Schnelligkeit, mit welcher dieſes geſchieht.

Man bringt nun das eine Ende e d der inducirenden Spirale in das Näpfchen d, welches, wie wir geſehen, durch den Hammerapparat mit a b verbunden iſt, und leitet das andere Ende derſelben f g unmittelbar heraus. Denken wir uns nun, daß g f und a b c d e die beiden Elektroden einer galvaniſchen Säule darſtellen, ſo werden ſie einen inducirenden und in A l h und i k B einen inducirten Strom anregen. Sind nun A und B durch einen menſchlichen oder thieriſchen Körper mit einander verbunden, ſo muß dieſer die ſtarken phyſiologiſchen Wirkungen der Oeffnungswirkung erleiden.

Es wäre, wie es ſcheint, das Einfachſte, zwiſchen a und g eine gewöhnliche, z. B. aus 4 Zink-Kupferplatten beſtehende galvaniſche Säule einzuſchalten. Da jedoch hier die Wirkung mit der Zeit abnimmt, ſo iſt es vortheilhafter, conſtante Säulen, z. B. die §. 821 erwähnte Kohlenzinkbatterie oder die Daniel'ſche conſtante Säule zu nehmen.

Der Apparat, deſſen ſich Roſenthal[1]) bedient, charakteriſirt ſich vorzugsweiſe dadurch, daß ein einfacher Draht mit eingelegtem Eiſenkerne unmittelbar zur Schließung gebraucht wird und der Mechanismus der Hammervorrichtung in etwas vereinfachter Weiſe angebracht iſt.

Dieſe elektriſchen Ströme können nun zunächſt in der Art durch den Körper geleitet werden, daß man die Handhaben mit denjenigen Theilen, welche vorzugsweiſe der

---

[1]) Eine Beſchreibung und Abbildung deſſelben ſiehe in J. Sponholz über die in neuerer Zeit empfohlenen Anwendungsarten der Elektricität in der Medicin, nebſt Abbildung und Beſchreibung eines einfachen und billigen elektromagnetiſchen Apparates. Roſtock, 1843. 8. S. 12. 13. Fig. 2.

Wirkung ausgeſetzt werden ſollen, in Verbindung bringt. Will man noch intenſivere Effecte hervorrufen, ſo kann man auch das Einſtechen von Acupunkturnadeln zu Hilfe ziehen. Dagegen dürfte es in manchen Fällen von Vortheil ſein, elektriſche Waſſerbäder gebrauchen zu laſſen. Man legt dann die beiden Handhaben mehr oder minder entfernt von einander in ein mit Waſſer gefülltes Gefäß und bringt den kranken Theil zwiſchen ſie oder in die Nähe derſelben. Obgleich nämlich das Waſſer ſehr gut leitet, ſo iſt doch der elektriſche Strom, wie ich mich bei Neef ſelbſt zu überzeugen Gelegenheit hatte, in der die Handhaben verbindenden Geraden am ſtärkſten und nimmt in der Peripherie mit der Entfernung auf eine ſehr merkliche Weiſe ab.

Die Elektroden werden in der Regel von den Aerzten ohne beſondere Berückſichtigung der Richtung des durchgehenden Stromes angewendet. Wenn auch dieſe Art des Gebrauches keine ſchädlichen Folgen bedingt, ſo kann es doch in Einzelfällen ſpecieller Lähmungen von Vortheil ſein, die Normen des Marianiniſchen Geſetzes und der Voltaiſchen Alternative im Auge zu behalten. Man müßte daher poſitive centripetale Ströme bei den Paralyſen ſenſueller und ſenſibler, und centrifugale bei denen motoriſcher Nerven gebrauchen. Eben ſo wäre die Richtung nach der Einleitung einer größeren Zahl von Strömen zu wechſeln, um ſo die Empfänglichkeit für den galvaniſchen Strom von Neuem zu erhöhen.

Zu den Leiden, die ſich zunächſt für die Anwendung des Galvanismus eignen, gehören diejenigen Nervenaffectionen, welche auf einer Erniedrigung der nervöſen Thätigkeiten beruhen, mithin Lähmungen, Sinnesphantasmen, Nervenſchmerzen und Krämpfe, welche die Folge einer Schwäche der Nerven bilden. Indem die Elektricität die Nerven in Uebung ſetzt, ſtärkt ſie die von ihnen verſehenen Apparate und führt ſie zu ihrer normalen Thätigkeit und dem regelrechten Zuſtande ihrer Reizbarkeit zurück. Dieſe Wirkungsweiſe aber, ſo wie die aufregenden Folgen, welche die Elektricität auf das Blutgefäßſyſtem ausübt, verbieten natürlich ihren Gebrauch bei allen Schmerzen, welche eine Folge von Entzündungen und ähnlichen Abweichungen darſtellen.

Die galvaniſchen Ströme verändern aber auch offenbar die Ausdünſtung und Aufſaugung, wenn ſie anhaltend und in ſtärkerem Maaße eingeleitet werden, und eignen ſich daher, leichtere Erſudationsproducte zur Reſorption zu bringen. Hierauf beruht wahrſcheinlich der heilſame Effect der Elektricität, welcher in älterer und neuerer Zeit bei Zahnſchmerzen, Rheumatismen, atoniſcher Gicht u. dgl., ſo wie bei Amenorrhö und Dysmenorrhö beobachtet worden iſt. Die Erſudationen, welche von R. Froriep [1]) mit dem Namen der rheumatiſchen Schwiele belegt worden, und die ſie begleitenden Nervenverſtimmungen weichen ſehr oft der anhaltenden und conſequenten Einleitung magnetelektriſcher oder inducirter Ströme.

Dagegen haben die Vorſchläge, die Elektricität als Belebungsmittel des Scheintodes, bei eingeklemmten Brüchen, Volvulus u. dgl. zu gebrauchen, einen bloßen hiſtoriſchen Werth. Eben ſo wenig kann ſie wahrſcheinlich bei Fällen von Starrkrampf, alter Epilepſie, Nervengeſchwülſten nützen, weil ſie die Urſache der Leiden aufzuheben außer Stande iſt. Ob ſie ſich zur Erkenntniß und Entfernung der Bandwürmer eigene, müſſen noch fernere Beobachtungen erhärten.

Die thermoelektriſchen Wirkungen könnten mit Nutzen zu Hilfe gezogen werden, um alte ſinuöſe Fiſtelgeſchwüre ſogleich auszubrennen; die chemiſch-elektriſchen, um Secrete zu verbeſſern, Trübungen feiner Gewebe, wie z. B. der Hornhaut, Katarakten zu heben und Stoffe in das Innere von Geſchwülſten überzuführen. Ueber dieſe Momente, welche ſämmtlich noch eines genaueren und vorurtheilsfreiern Erfahrungsſtudiums bedürfen, ſiehe R. Wagner's Handwörterbuch der Phyſiologie. Bd. I. S. 561. 62.

1337 **Die chemiſchen Reize regen entweder die Nerventhätigkeit augenblicklich an, laſſen ſie aber ſonſt unverändert beſtehen; oder ſie zerſtören**

---

[1]) R. Froriep Beobachtungen über die Heilwirkung der Elektricität, bei Anwendung des magneto-elektriſchen Apparates. Erſtes Heft. Die rheumatiſche Schwiele. Weimar, 1843. 8. S. 4 fgg. Vergl. auch J. C. Wetzler Beobachtungen über den Nutzen und den Gebrauch des Keil'ſchen magnet-elektriſchen Rotationsapparates in Krankheiten, beſonders in chroniſch nervöſen, rheumatiſchen und gichtiſchen. Leipzig, 1842. 8. und J. Heſſe Erfahrungen und Beobachtungen über die Anwendung des magnet-elektriſchen Rotationsapparates in Krankheiten. Neubrandenburg, 1843. 8.

ſie zugleich für immer oder ſo lange als keine Wiedererzeugung der Verletzungsſtelle Statt gefunden. Sie wirken mithin im erſteren Falle gleich einem vorübergehenden mechaniſchen Eingriffe, im letzteren dagegen wie eine vollſtändige Continuitätsunterbrechung des Nerven. Jener ſchwächere Einfluß kommt ihnen nur dann zu, wenn ſie den Nerveninhalt entweder von vorn herein oder vermöge ihrer bedeutenden Verdünnung auf keine weſentliche Weiſe verändern. Findet dagegen eine Unterbrechung der Leitung Statt, ſo zeigen ſich auch materielle Veränderungen, welche entweder ſchon dem freien oder erſt dem bewaffneten Auge auffallen. Irgend concentrirte Mineralſäuren z. B. bringen den Nerven zum Verſchrumpfen. Salpeterſäure färbt ihn zugleich gelb bis ſchmutzig röthlich gelb, Schwefel- oder Phosphorſäure braun. In allen dieſen Fällen iſt der Inhalt der Nervenfaſern theils geronnen, theils zerſtört. Kauſtiſches Kali macht ihn flüſſiger und löſt ihn nach und nach auf. Dieſe rein chemiſchen Wirkungen aber ſind bloß örtlich und greifen nie weiter ein, als das chemiſche Reagens vermöge ſeiner Application oder mittelſt der capillaren Durchtränkung der Gewebe vorzudringen im Stande iſt.

Das gleiche Verhältniß kehrt auch bei den Folgen, welche chirurgiſche Aetzmittel bedingen, wieder. Haben wir z. B. eine Fläche mit feſtem Höllenſtein geätzt, ſo wird dieſe allein zerſtört. Die Wirkung verbreitet ſich in der Regel nicht weiter, und der Schmerz hört, wenn er im Anfange vorhanden war, nach einiger Zeit auf. Legen wir dagegen ein Stück kauſtiſchen Kalis auf eine Hautſtelle, ſo zieht dieſes ſeiner hygroſkopiſchen Beſchaffenheit wegen immer mehr Feuchtigkeit an, verbreitet ſich den Geſetzen des Endosmoſe gemäß fortwährend in den Geweben, zerſtört daher dieſe in einem weit größeren Umfange, als die Applicationsſtelle betrug, und verurſacht einen anhaltenden brennenden Schmerz, indem zugleich immer neue ſenſible Primitivfaſertheile ergriffen werden.

Die Größe der Wirkung aller dieſer Reize hängt von der Stimmung 1338
der Nerven, die von ihnen getroffen werden, ab und bietet daher eine Variabilität dar, welche ihr ſonſt bei der Beſtändigkeit der veranlaſſenden Urſachen nicht zukommen würde. Die verſchiedenartige Empfänglichkeit, welche wir in dem peripheriſchen Nervenſyſteme antreffen, kann zunächſt durch die Zuſtände der Nerven ſelbſt bedingt ſein. Alle Momente z. B., welche die Fortpflanzung der Schwingungen des Nervenagens ſchwächen, müſſen auch die Excitabilität herabſetzen und daher geringere Wirkungen bedingen. Aus dieſem Grunde iſt z. B. die Senſibilität und Motilität eines Gliedes, welches einer bedeutenden Kälte ausgeſetzt worden, geſchwächt (§. 1333). Ob auch der Mangel der Einwirkung des Blutes hierher gehöre, bleibt dahingeſtellt. Ein Hund, deſſen Aorta unterbunden worden, ſchleppt zwar ſeine Hinterfüße wie gelähmt nach, und dieſe bieten nicht ſelten ein krampfhaftes Erzittern ihrer Muskeln im Anfange dar. Ein Menſch, welcher die Ligatur der Schenkelarterie überſtanden, empfindet oft Ameiſenlaufen in der kranken Extremität. Beiderlei Reactionen ſcheinen dadurch bedingt zu ſein, daß die anhaltende Einwirkung der Ernährungsflüſſigkeit auf den Nerveninhalt aufhört. Allein auf welche ſpecielle Weiſe dieſer Eingriff ſonſt wirke, iſt noch gänzlich unbekannt. (Vgl. §. 1569.)

Umgekehrt erzeugen gewöhnliche ſenſible Reize in einem entzündeten

oder neuromatöſen Nerven die heftigſten Schmerzenseindrücke, wie ſie ſonſt nur nach den ſtärkſten Einwirkungen vorkommen

Die nicht ſtrenge Unterſcheidung der ſpeciellen Energien der Nervenfaſern führte früherhin zu der noch gegenwärtig häufig wiederholten Vorſtellung, daß jedes Moment, welches eine ungewöhnlich ſtarke nervöſe Reaction hervorruft, mit bedeutenden Schmerzen verknüpft ſein müſſe. Widerſpricht aber ſchon die tägliche ärztliche Erfahrung diesem Satze, ſo zeigt er ſich auch von rein phyſiologiſchem Standpunkte unſtatthaft. Die ſchwächeren Reactionen ſenſibler Nerven, welche wir als Ameiſenlaufen oder als geringere Grade von Druck, Spannung u. dgl. kennen, müſſen ſich in den motoriſchen als Zuckungen, die heftigeren Neuralgien der erſteren als Krämpfe in den letzteren geſtalten. Wirken die Anregungen nur vorübergehend, ſo erzeugen ſich kloniſche Zuſammenziehungen. Greifen ſie dagegen anhaltend und ſtärker ein, ſo entſteht Tetanus. Krampf und Neuralgie bilden daher nur die gleiche Ueberſetzung der erhöhten Reaction der verſchiedenartigen ſenſiblen und motoriſchen Primitivfaſern.

1339 Ein anderes Moment bildet in dieſer Hinſicht die Zugänglichkeit der Nervenfaſern für äußere Reize. Je mehr ſie der Einwirkung des Irritamentes ausgeſetzt ſind, um ſo energiſcher werden auch die Folgen deſſelben ausfallen. Die Muskeln verlieren z. B. ihre Motilität kurze Zeit, nachdem ſie in kaltes Waſſer gelegt worden. Bei dem Gebrauche eines kalten Bades dagegen wirkt die äußere Haut als Schutzmittel, um ſolche ſchädliche Wirkungen zu verhüten oder wenigſtens zu mildern. Wie wir bei der Betrachtung der Nerventhätigkeiten des Herzens ſpäter ſehen werden, greifen alle Reize, welche die innere Oberfläche der Vorkammern oder der Kammern treffen, heftiger als die, welche die Außenfläche derſelben afficiren, ein, weil ein Theil der Endſchlingen der Nervenprimitivfaſern unmittelbar unter dem verhältnißmäßig dünnen Endocardium verläuft. Ein aufgeblaſenes oder mit warmem Waſſer gefülltes Froſchherz pulſirt daher häufig ſtärker als ein ſolches, das nur von außen der Atmoſphäre ausgeſetzt iſt [1]). Opiumtinctur hebt den Herzſchlag nur dann auf, ſobald ſie mit der Innenfläche, nicht aber, wenn ſie mit der Außenfläche des Organes in Berührung kommt.

1340 Wenn aber auch ſolche örtliche Verhältniſſe der peripheriſchen Nerven die Stimmung derſelben bedingen können, ſo liegen doch ihre häufigſten und wichtigſten Urſachen nicht in ihnen ſelbſt, ſondern in den empfangenden oder anregenden Centraltheilen. Schon die gewöhnlichen normalen Lebenserſcheinungen liefern uns die deutlichſten Belege dieſes Satzes. Sehr intelligente und mit lebhafter Phantaſie begabte Perſonen empfinden die Schmerzen, welche ihnen z. B. eine Verletzung verurſacht, bei weitem heftiger als Blödſinnige oder Kretins, die man nicht ſelten ohne bedeutende Reaction verwunden kann. Ein Menſch, deſſen Gedankengang durch andere Dinge abſorbirt, der im Augenblicke der Verwundung ſehr begeiſtert, in Wuth oder umgekehrt in tiefen Schmerze verſunken iſt, ſpürt einen Schmerz nicht, während ſich dieſer bei reizbaren Individuen zu der höchſten Energie ſteigert. Narkotiſche Gifte, wie z. B. Opium, lähmen einen Nerven örtlich, wenn ſie auf deſſen Inhalt chemiſch ein-

---

[1]) Chr. L. Hoffmann de sensibilitate et irritabilitate partium. Düsseldorpii, 1794. 8. p. 121.

greifen. Haben wir dagegen einen Froſch durch den innern Gebrauch deſſelben narcotiſirt, ſo erregen die leichteſten Hautreize allgemeine Krämpfe. Dieſe und ähnliche Erſcheinungen werden uns in der Folge bei der Betrachtung der allgemeinen Eigenſchaften des centralen Nervenſyſtemes ausführlicher beſchäftigen.

Iſt die Reizbarkeit eines peripheriſchen Nerven erniedrigt, ſo ent- 1341
ſpricht die Reaction nur einem aliquoten Theile des anregenden Reizes. Ein Menſch z. B., der an Halblähmung der Füße leidet, ſpürt einen Nadelſtich gar nicht, nimmt dagegen einen ſtärkeren mechaniſchen Eingriff, welcher bei einem Geſunden Schmerz erregen würde, dumpf wahr. Bei übermäßiger Erhöhung der Empfänglichkeit dagegen erregt nicht etwa jedes Irritament ohne Unterſchied bedeutendere Effecte, ſondern es greift hier das ſchon §. 139 erläuterte Geſetz des organiſchen Gleichgewichtes auf eine weſentliche Weiſe ein. Während nämlich geringe Reize heftige Exploſionen veranlaſſen, werden oft ſtarke ohne Beſchwerden oder ſelbſt ohne alle Beantwortung vertragen. Bei manchen Kranken, die an nervöſem Hüftweh leiden, ruft die leiſe Berührung der Haut des Schenkels mittelſt eines Rockzipfels die ſtärkſten Schmerzensanfälle hervor, während heftiger Druck nur wie bei einem Geſunden wirkt. Einzelne Menſchen mit fothergillſchem Geſichtsſchmerz vertragen eine Ohrfeige, nicht aber das ſchwächſte Reiben der Haut ihres Geſichtes, wie es z. B. durch einen aufliegenden Wattenüberzug entſteht. Offenbar kehrt hier dieſelbe Norm wie bei Geſunden wieder, denen ein leiſer Hautkitzel Lachen und Muskelbewegungen, ein bedeutenderer mechaniſcher Eingriff gar keine oder nur örtliche Wirkungen verurſacht.

Die **Geſchwindigkeit der Leitung der Nerven** iſt, wie die 1342
tägliche Erfahrung lehrt, ſo bedeutend, daß wir z. B. einen Stich, welcher unſere große Zehe trifft, in demſelben Augenblicke empfinden. Dauerte die Zwiſchenzeit zwiſchen dem peripheriſchen Eindrucke und der Wahrnehmung im Gehirn eine Tertie, ſo hätten wir eine Secundengeſchwindigkeit von 300 Fuß, wenn die Länge des Menſchen 5 Fuß beträgt. Legt man den Finger an ein gezahntes Rad, welches 100 Umdrehungen in der Secunde macht, ſo erhält man noch einen iſolirten Eindruck eines jeden Stoßes. Die Fortpflanzung deſſelben hat aber, wenn wir die Entfernung vom Gehirn zu $2\frac{1}{2}$ Fuß anſchlagen, eine Schnelligkeit von 250 Fuß in der Secunde.

Die Pünktlichkeit der Auffaſſung des Schmerzes und der Vollführung der Willensregung kann uns auf den erſten Blick zu der nicht baſirten Annahme verleiten, daß die Fortpflanzung der Regungen des Nervenſyſtemes äußerſt raſch erfolge. Solche Momente verführten auch ältere Forſcher zu der von keinen begründeten Thatſachen ausgehenden Hypotheſe, daß dieſe Schnelligkeit 32400 (Sauvages) oder gar 57600000000 Fuß in der Secunde betrage [1]). Berückſichtigen wir aber die Kleinheit des menſchlichen und thieriſchen Körpers, ſo können ſich die Oscillationen des Nervenagens weit langſamer, als die Elektricität oder das Licht fortpflanzen, ohne daß die außerordentliche Pünktlichkeit der Functionen des Organismus darunter leidet. Wir haben z. B. früher (§. 814) ge-

---

[1]) Haller Elementa physiologiae. Tom. IV. Lausannae, 1762. 4. p. 372. 73.

ſehen, daß eine Stubenfliege ihre Flügel 8000 Mal in der Secunde ſtrecken und beugen kann. Nehmen wir auch an, daß die Entfernung der Nervenenden der entſprechenden Muskeln von dem Gehirn und dem Bauchſtrange 2 Linien betrüge, ſo haben wir erſt eine Geſchwindigkeit von $\frac{2 \times 8000}{144}$ = 111,1 Fuß. Haller[1]) ſchätzte demgemäß auch die Schnelligkeit der Fortpflanzung des Nervenäthers im Menſchen zu 150 Fuß in der Secunde oder 9000 Fuß in der Minute. Könnte auch ein Menſch ſeine große Zehe in der Secunde in 8000 verſchiedene Stellungen bringen, ſo daß eine Geſchwindigkeit von 40000 Fuß bei 5 Fuß Körperlänge herauskäme — eine Vorausſetzung, die natürlich abſurd iſt — ſo würde doch dieſe Geſchwindigkeit gegen die des Lichtes (= 41200 Meilen) oder die der Elektricität in einem Kupferdrahte (= 58600 Meilen) verſchwindend klein ausfallen (§. 85).

Mit Unrecht wurde noch eine vorzüglich den Aſtronomen geläufige Erfahrung hierher gezogen. Wenn nämlich ein Menſch gleichzeitig eine Geſichtsanſchauung, z. B. den Eintritt eines Sternes in den Mikrometerfaden eines Fernrohres, und eine Gehörempfindung, z. B. das Schlagen einer Uhr, auffaßt und ein Anderer nebenbei die Beobachtung wiederholt, ſo zeigt ſich eine Differenz in der Zeitbeſtimmung, die ſelbſt bis auf $\frac{1}{2}$ Secunde ſteigen kann. Man ſuchte dieſe aus der Verſchiedenheit der Zeit herzuleiten, welche die Leitung des N. opticus und des N. acusticus bei verſchiedenen Perſonen nöthig hat. Allein die Sache erklärt ſich offenbar richtiger, wenn man annimmt, daß jedes Individuum ein Quantum von Zeit braucht, um die eine oder die andere Sinnesanſchauung zu aſſimiliren, und der Unterſchied auf der Differenz der bewußten Auffaſſung, nicht aber der Zuführung zum Gehirn beruht[2]).

Specialthätigkeiten des peripheriſchen Nervenſyſtemes.

1343 Der Einfluß, welchen die peripheriſchen Nerven ausüben, beſchränkt ſich nicht bloß auf die verſchiedenartigen Empfindungen und Muskelbewegungen, ſondern erſtreckt ſich auch auf die ſämmtlichen contractilen Gebilde und die die Ernährungsvorgänge vermittelnden Apparate unſeres Körpers. Da aber die letztere Seite ihrer Wirkung an und für ſich dunkler iſt und mit den Thätigkeiten des Nervenſyſtemes in entfernterer Beziehung ſteht, ſo werden wir an Klarheit der Ueberſicht gewinnen, wenn wir zuvörderſt nur die ſenſuellen, ſenſiblen und muskulomotoriſchen Eigenſchaften des peripheriſchen Nervenſyſtemes betrachten und erſt zuletzt die organomotoriſchen Kräfte deſſelben und ſeinen Einfluß auf die Ernährungserſcheinungen durchgehen. Daſſelbe Schema muß ſich alsdann bei der Unterſuchung der Verhältniſſe des centralen Nervenſyſtemes wiederholen.

1344 Rückenmarksnerven. — Sie entſpringen bekanntlich mit doppelten Wurzeln, welche ſich bei dem aufrecht gehenden Menſchen als hintere und vordere, bei den vierfüßigen Thieren dagegen als obere und untere darſtellen. Nur der erſte und der letzte Rückenmarksnerv bilden bisweilen eine mehr ſcheinbare als wirkliche Ausnahme dieſes Geſetzes, indem ſich ihre hinteren Faſcikel an benachbarte Nerven, z. B. die Wurzeln des Accessorius, anlegen oder in hohem Grade reducirt erſcheinen. Die hinteren Wurzeln werden in einiger Entfernung von ihrem Urſprunge mit

[1]) Ebendaſelbſt p. 273.

[2]) Joh. Müller Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 686—88.

Ganglien verſehen, während die vorderen einfach bleiben. Beide treten alsdann zu dem Stamme des Rückenmarksnerven zuſammen.

Die Idee, daß die ſo verſchiedenartigen Thätigkeiten der Schmerzens- 1345
empfindung und der Muskelbewegung an differente nervöſe Theile gebunden ſeien, wurde ſchon von den älteſten Forſchern, z. B. Eriſiſtratus und Galen, ausgeſprochen. Man ſuchte aber dieſe Verſchiedenheit mehr in dem centralen als in einzelnen Stellen des peripheriſchen Nervenſyſtemes. Nachdem A. Walker zuerſt (1809) die Rückenmarkswurzeln überhaupt in das Bereich dieſer Vermuthungen gezogen, allein der Wahrheit gerade entgegengeſetzt die vorderen für empfindend und die hinteren für bewegend gehalten hatte, war es Carl Bell (1811) vorbehalten, das in dieſer Beziehung vorhandene Grundgeſetz nicht bloß als theoretiſche Vermuthung auszuſprechen, ſondern auch zum Theil durch Verſuche zu erhärten. Er durchſchnitt die hinteren Wurzeln der Fußnerven eines Kaninchens, ohne daß das Thier die Fähigkeit fortzukriechen verlor [1]. Nur die Reizung der vorderen, nicht aber die der hinteren Wurzeln erregte Zuckungen in den entſprechenden Muskeln eben getödteter Thiere der Art. Dieſe Beobachtungen wurden zu verſchiedenen Zeiten an Säugethieren von Shaw, Magendie, Béclard, Bakker, Panizza, mir, Budge, Stilling und Longet wiederholt und näher beſtätigt [2]. Da aber die Grauſamkeit der Operation und die Größe des Blutverluſtes den Gebrauch der höheren Geſchöpfe zu ſolchen Zwecken nicht nur verleidet, ſondern auch in ſeinen Reſultaten ſchwankend macht, ſo iſt es von weſentlichem Vortheile, ſich der Fröſche, wie es zuerſt von Joh. Müller [3] geſchah und ſpäter von vielen Forſchern wiederholt wurde, zu dieſem Zwecke zu bedienen. Die Ergebniſſe fallen hier ſo befriedigend aus, daß der ſogenannte Bell'ſche Lehrſatz, d. h. das Axiom der bloßen Senſibilität der hinteren und der alleinigen motoriſchen und total unempfindlichen Eigenſchaften der vorderen Wurzeln nicht dem geringſten Zweifel unterliegen kann. Spätere Forſchungen ergaben ferner, daß dieſes Geſetz nicht bloß bei den Wirbelthieren auftritt, ſondern auch unter den wirbelloſen, wenigſtens bei den Krebſen, zum Vorſchein kommt. Nur findet hier der Anordnung des Nervenſyſtemes entſprechend der Unterſchied Statt, daß die oberen Wurzeln motoriſch, die unteren dagegen ſenſibel ſind [4].

Will man ſich von der Richtigkeit des Bell'ſchen Lehrſatzes bei dem Froſche überzeugen, ſo befeſtigt man zuerſt das Thier mit ſeinen vier Füßen durch Faden an vier auf einem Brett eingeſchlagene Nägel, ſpaltet die Mitte der Rückenhaut der Länge nach und entfernt die Muskulatur, welche ſich zunächſt zu beiden Seiten der Wirbelſäule befindet. Die hierdurch entſtehende Blutung hört bald nach der Anwendung kalten Waſſers auf. Nun trennt man vorſichtig mit einer kleinen, aber ſtarken Scheere zwei Wir-

---

1) Karl Bell's phyſiologiſche und pathologiſche Unterſuchungen des Nervenſyſtemes. Aus dem Engliſchen überſetzt von M. H. Romberg. Berlin, 1832. 8. S. 25.

2) Siehe de functionibus nervorum. Bernae et Sangalli, 1839. 4. p. 1. 2.

3) Froriep's Notizen. Weimar, 1831. 4. Nr. 646. S. 113 fgg.

4) De functionibus nervorum p. 7. F. A. Longet Récherches experimentales et pathologiques sur les propriétés et les fonctions des faisceaux de la moelle epinière. Paris, 1841. 8. p. 175.

bel quer von einander, geht möglichſt nahe am Knochen zu beiden Seiten ein und ſchneidet die Bogen der Wirbel durch, ſo daß man das in ſeiner Kalkumhüllung eingeſchloſſene Rückenmark von oben oder hinten bloßlegt. Hierbei entſteht eine größere Blutung, vorzüglich ſo wie die obere Längsvene des Rückenmarkes verletzt worden. Gelingt es nicht, ſie durch bloßes Waſſer vollkommen zu ſtillen, ſo dreht man die Durchſchnittsenden des genannten Gefäßes mittelſt einer kleinen Pincette mehrere Male um ihre Achſe herum. Man entfernt hierauf die Hüllen des Rückenmarkes und bindet den Froſch los, um ſich zu überzeugen, daß ſeine Empfindlichkeit und Beweglichkeit durch die bisherigen Eingriffe nicht aufgehoben worden iſt. Nachdem er alsdann von neuem befeſtigt worden, durchſchneidet man z. B. an der rechten Seite alle oberen oder hinteren Wurzeln mit einer Staarnadel, während man ſie an der linken unberührt läßt, hier dagegen die tiefer liegenden unteren oder vorderen trennt. Läßt man nun den Froſch frei, ſo bewegt er noch immer ſein rechtes Hinterbein entweder vollkommen gut, oder aus Gründen, die wir in der Folge kennen lernen werden, minder ſicher, jedoch immer mit einem bedeutenden Grade von Kraft und nach dem Befehle ſeines Willens. Das linke dagegen iſt in dieſer Beziehung total gelähmt, wird nachgeſchleppt und gelangt nicht zur geringſten Zuſammenziehung, wenn ſich auch das Thier noch ſo ſehr anſtrengt. Umgekehrt verhält es ſich mit den Empfindungserſcheinungen. Wir können das rechte Bein nicht nur kitzeln, drücken, ſtechen oder anſchneiden, ſondern ſelbſt am Lichte zu Kohle verbrennen, ohne daß das Thier das geringſte Schmerzenszeichen durch irgend eine Bewegung zu erkennen giebt. Verſuchen wir aber daſſelbe an dem motoriſch paralytiſchen linken Fuße, ſo reagirt es ſogleich mittelſt ſeines ganzen Körpers und bewegt hierbei den verbrannten Ueberreſt des rechten unempfindlichen Beines ganz nach ſeinem Willen.

Zu demſelben Reſultate führen Verſuche, welche wir mit den Wurzeln ſelbſt anſtellen. Reizen wir das peripheriſche Stück der hinteren Wurzeln, ſo erfolgt natürlich gar keine Reaction, weil ſie rein empfindend ſind, ihre centripetale Leitung aber unterbrochen iſt. Zerrt man ihr noch mit dem Rückenmarke zuſammenhängendes Fragment, ſo giebt das Thier ſeinen Schmerz durch Bewegungen und ſelbſt durch Schreien zu erkennen. Umgekehrt verhält es ſich mit den vorderen Wurzeln. Jede Anregung ihres centralen Stückes bleibt ohne Erfolg, während die des peripheriſchen die heftigſten Zuckungen in dem gelähmten Beine veranlaßt. Legt man die hinteren Wurzeln auf ein Glasplättchen und läßt keinen zu ſtarken galvaniſchen Strom auf ſie einwirken, ſo bleibt die Zuckung in der entſprechenden Extremität aus; ſie erſcheint aber, ſo wie die vorderen Wurzeln derſelben Einwirkung unterworfen werden. Daſſelbe lehren auch chemiſche Reize, wenn man ſie mit Vorſicht anwendet und z. B. nicht weiter fließende Subſtanzen, ſondern feſte Körper, wie Höllenſtein, wählt. Sollen alle genannten Reſultate mit der gehörigen Präciſion zu Stande kommen, ſo müſſen die vorderen und die hintern Wurzeln vollſtändig zerſchnitten ſein. Sind z. B. die erſteren noch unverſehrt, ſo erhält man aus Gründen, die ſich bei Betrachtung der Functionen des Rückenmarkes ergeben werden, ſelbſt nach Reizung der centralen, nicht aber der peripheriſchen Stücke der hinteren Wurzeln heftige Convulſionen.

Will man ſich nur auf das Studium der bewegenden Functionen beſchränken, ſo enthauptet man den Froſch, öffnet den Unterleib, entfernt die Eingeweide und kneipt alsdann die Wirbelkörper vorſichtig ab, ſo daß zunächſt die vorderen Stränge des Rückenmarkes nebſt den vorderen Nervenwurzeln bloß liegen. Jede Reizung derſelben erzeugt correſpondirende Zuckungen, während die der hinteren Wurzeln nur dann ſolche hervorruft, wenn ſie mit dem Rückenmarke zuſammenhängen und noch die Reflexthätigkeit mit Kraft fortbeſteht.

Dieſe letztere Modification des Verſuches gelingt auch ſehr leicht an friſch getödteten kleineren Säugethieren, z. B. Kaninchen, jungen Hunden oder Katzen. Häufiger dagegen mißglücken die Beobachtungen an lebenden Thieren der Art. Wählt man auch jüngere Individuen, deren Wirbelbogen ſchnell durchſchnitten werden können, ſo entſteht doch nicht ſelten eine kaum zu ſtillende Blutung, welche das Thier dergeſtalt erſchöpft, daß es entweder, ehe man zu den Verſuchen ſelbſt kommt, ſtirbt oder wenigſtens ſchwächer als ſonſt auf äußere Reize reagirt. Findet aber auch dieſes nicht Statt, ſo iſt der Platz zwiſchen dem Rückenmark und der Wirbelſäule ſo beengt und das Ganze an einzelnen Stellen mit Blut dergeſtalt gefüllt, daß bisweilen die Sicherheit der Reſultate des Experimentes an ſolchen Nebenverhältniſſen ſcheitert. Auf dieſe Weiſe glaubten auch einige neuere Forſcher

zu finden, daß die vorderen Wurzeln der Säugethiere nicht rein motoriſch und durchaus empfindungslos ſeien, ſondern einen geringen Grad von Senſibilität beſäßen. Sie nahmen daher ſogar an, daß ſenſible Faſern der hinteren Wurzeln ſogleich an der Vereinigungsſtelle beider Wurzeln ſchlingenartig umbiegen und innerhalb der vorderen zu dem Rückenmarke zurückkehren. Allein eine genauere Prüfung lehrte bald, daß alle ſolche Angaben auf Täuſchung beruhen, indem die motoriſchen Wurzeln der Säugethiere ebenfalls total unempfindlich ſind und nur dann, wenn der an ſie angebrachte Zug mittelbar eine Zerrung der empfindlichen Theile des Rückenmarkes veranlaßt, Schmerzensempfindungen entſtehen [1]).

So leicht man ſich aber auch bei Säugethieren, Vögeln, Amphibien und Fiſchen von der Wahrheit des Bell'ſchen Lehrſatzes überzeugen kann, ſo gut ſich z. B. bei dem Froſche alle hinteren oder vorderen Wurzeln des erſten bis zum letzten Rückenmarksnerven verletzen laſſen, ohne daß das Grundgeſetz ihrer phyſiologiſchen Wirkung die geringſte Ausnahme erleidet (Stannius), ſo wenig iſt es bisher gelungen, Krankheitsfälle bei Menſchen oder Säugethieren aufzufinden, welche ganz rein das unzweifelhaft auch für unſeren Organismus gültige Bell'ſche Axiom beweiſen. Alle in ſolcher Hinſicht von Fr. Naſſe und Longet [2]) zuſammengeſtellten Fälle umfaſſen complicirte Erſcheinungen, bei denen nicht bloß die Nervenwurzeln, ſondern auch das Rückenmark afficirt war. Dieſes erklärt ſich zum Theil daraus, daß rein örtliche Veränderungen der Nervenwurzeln überhaupt ſelten ſind und ſich bei der Section nur unter auffallenderen Verhältniſſen, z. B. bei der Ablagerung von Knochenplättchen an und auf ihnen (§. 1324) zu erkennen geben mögen, theils aber, daß nicht ihre Zerſtörung allein, ſondern erſt die des benachbarten Rückenmarkes oder ſelbſt des Gehirns zum Tode führt. Wir begegnen hier überhaupt im Anfange einem Verhältniſſe, welches noch häufig in der Nervenphyſiologie wiederkehren wird. So oft ſich nämlich mit Sicherheit feſtgeſtellte Sätze, welche in Betreff des Studiums der Nerventhätigkeiten gewonnen werden, auf Krankheitsverhältniſſe übertragen laſſen, ſo wenig iſt die Medicin im Stande, die Geſetze der Phyſiologie durch ihre angeblich ganz ſicheren Beobachtungen zu erſchüttern, weil dieſe nie denjenigen Grad von Exactheit und Reinheit, welchen ein gutes phyſiologiſches Experiment darbietet, beſitzen. Dieſen ſcheinbar partheiiſchen Satz müſſen ſelbſt Aerzte zugeben, welche aus eigener Erfahrung wiſſen, wie leicht illuſoriſche Entzündungen und Erweichungen der Nerven und vorzüglich des centralen Nervenſyſtemes in der Leiche gefunden werden, wie oft die Section die theoretiſchen Erwartungen täuſcht und wie ſehr man ſich überhaupt hier in einem noch kaum irgend zu entwirrenden Labyrinthe befindet.

Erinnern wir uns, daß die Urſache der eigenthümlichen Kräfte der 1346
Empfindung oder Bewegung nicht in den peripheriſchen Nerven ſelbſt liegt und daß ſich, wenn man von den ſpäter bei dem ſympathiſchen Nerven zu beſprechenden Durchmeſſerverhältniſſen der Primitivfaſern abſieht, kein Structurunterſchied zwiſchen den vorderen und den hinteren Nervenwurzeln zu erkennen giebt, ſo reducirt ſich der Bell'ſche Lehrſatz im Weſentlichen auf ein Symmetriegeſetz, wie wir deren ſo viele in unſerem Organismus antreffen. Die Natur führt nur ſenſible und motoriſche Faſern in den Rückenmarksnerven aus, trennt ſie aber am Anfange ſymmetriſch, ſo daß die empfindenden einzig und allein als hintere, die bewegenden bloß als vordere Wurzeln erſcheinen. Der Stamm des Rückenmarksnerven dagegen welcher beide in ſich aufnimmt, wird auf dieſe Weiſe gemiſcht.

Die Vermengung heterogener Nervenfaſern erhält ſich auch in den 1347
meiſten Nervenſtämmen, welche ihre Exiſtenz der genannten Quelle verdanken. Obgleich dieſes aber der Fall iſt, ſo tritt doch auch bei der fer-

---

[1]) F. A. Longet Récherches sur les fonctions de la moelle epinière. Paris, 1841. 8. p. 127.

[2]) Ebendaselbst p. 94—120.

neren Vertheilung eine nicht ſelten ſymmetriſche Anordnung hervor. Jeder Rückenmarksnerv nämlich ſondert ſich in einen hinteren oder oberen und einen vorderen oder unteren Hauptſtamm. Beide ſind unzweifelhaft gemiſcht. Allein der erſtere verbreitet ſich verhältnißmäßig mehr in Muskeln als in die Haut. Er verſorgt die relativ ſtarke Muskulatur und die nur ſtumpf taſtende Haut an der Hinterſeite des Körpers, während der vordere auch abſolut ſtärkere Aſt relativ mehr empfindende Theile verſieht. Die feineren Taſtnerven der Hand und des Fußes kommen ausſchließlich aus vorderen Aeſten. Dieſe ſcheinen daher im Ganzen relativ, nicht aber abſolut ſenſibler, die hinteren dagegen proportionell motoriſcher zu ſein.

1348 Wo uns directe phyſiologiſche Verſuche verlaſſen, halten wir im Allgemeinen einen Nerven, der ſich in einem Muslel verbreitet, für motoriſch, einen ſolchen dagegen, der zur Haut geht, für ſenſibel. So richtig dieſe Sonderung in Betreff der Majorität der Primitivfaſern ſein mag, ſo hat ſie doch keine abſolute Gültigkeit. Viele ſenſible Nervenfaſern der Haut durchſetzen erſt einen benachbarten Muskel, bevor ſie jene erreichen und ſind daher, wie wir in der Folge an manchen Beiſpielen ſehen werden, entſchieden gemiſcht. Ueberdies wiſſen wir nicht, ob die Muskelſubſtanz abſolut unempfindlich iſt. Eben ſo zeigt die äußere Haut nicht bloß empfindende, ſondern auch Contractilitätseigenſchaften, welche zum Theil von dem Einfluſſe des Nervenſyſtemes abgeleitet werden müſſen.

1349 Daſſelbe Majoritätsurtheil iſt uns überhaupt nur geſtattet, wenn wir die einzelnen Nervenſtämme bis zu ihren peripheriſchen Enden zu verfolgen uns bemühen, weil ſich der Einfluß der Geflechte weder mit freiem Auge, noch mit Hilfe des Mikroſkopes hinreichend genau ermitteln läßt. Die in dieſer Hinſicht gegebene nachfolgende Darſtellung kann ſich daher nur auf die Mehrzahl, nicht aber auf alle Primitivfaſern eines Rückenmarksnerven beziehen. Um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden, wollen wir zunächſt in der beigefügten Tabelle die ſenſiblen und muskulomotoriſchen Provinzen der einzelnen Rückenmarksnerven überſichtlich durchgehen, von ihrem Antheil an dem ſympathiſchen Nerven und den verſchiedenen Hirnnerven, ſo ſehr es angeht, vorläufig abſtrahiren und nur einzelne andere wichtigere Theile, die unmittelbar aus ihnen Zweige aufnehmen, anführen. Einige Bemerkungen über manche bemerkenswerthen Detailverhältniſſe ſollen alsdann dieſe Erörterung beſchließen.

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven.		
Hauptſtamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Urſprung desſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
Erſter Halsnerv.				A. vertebralis.
	Vorderer Aſt.	Oberſter Theil des Halſes.	Rectus capitis lateralis. Rectus capitis anticus major und minor. Vergl. auch N. hypoglossus.	A. vertebralis. Hinterhauptsgelenk.
	Hinterer Aſt	Desgl.	Rectus capitis posticus major und minor. Obliquus capitis superior und inferior. Rectus capitis lateralis. Complexus.	
Zweiter Halsnerv.	Vorderer Aſt.	Desgl.	Rectus capitis anticus major. Intertransversarius. Scalenus medius. Oberſter Theil des Levator scapulae. Sternocleidomastoideus. Vergl. auch den N. hypoglossus.	
	Hinterer Aſt.	Desgl.	Obliquus capitis inferior. Trachelomastoideus. Complexus. Semispinalis cervicis. Multifidus spinae. (Splenius capitis.)	
	Occipitalis magnus.	Hinterhaupts- und hintere Scheitelgegend.	Biventer cervicis. Cucullaris. Occipitalis.	
	Occipitalis minor	Grenze von Nacken und Hinterhaupt. Haut hinter u. über dem Ohre.	Sternocleidomastoideus. Adtollens auris.	
Dritter Halsnerv.	Vorderer Aſt.	Haut an und unter dem Ohre, am Unterkiefer (dem Kinne), ſo wie dem oberſten, mittleren und unterſten Theile des Halſes.	(Diaphragma.) Intertransversarii supremi. Scalenus medius. Rectus capitis anticus major. Longus colli. (Muskulatur der Zunge, die auch Fäden von den beiden früheren Halsnerven empfängt.) Levator scapulae. Splenius capitis. Sternocleidomastoideus. Platysmamyoides. (Antheil am Occipitalis minor u. Auricularis magnus, den Geflechten des Herzens und der Brusthöhle überhaupt.) (Antheil an den Bewegungen der unteren und hinteren Antlitzmuskeln?)	Gehörgang und Ohr überhaupt. Ohrſpeicheldrüſe. V. jugularis externa. Schilddrüſe. (A.vertebralis.)
	Auricularis magnus.	Haut hinter u. an dem Ohre, zwiſchen Hinter-	Sternocleidomastoideus. Retrahens auris. Occipitalis. (Temporalis?)	

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptſtamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Urſprung desſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
		haupt- und Schläfengegend und ſelbſt vor dem Ohre. (Aeußerer Gehörgang?)		
	Hinterer Aſt.	Nackengegend, vorzüglich die Mitte derſelben.	Transversalis cervicis. Trachelomastoideus. Complexus. Splenius capitis. (Obliquus capitis inferior. Multifidus spinae.) Biventer cervicis. Semispinalis cervicis. Interspinales. Cucullaris.	
Vierter Halsnerv.	Vorderer Aſt.	Haut am Halſe.	Intertransversarii. Rectus capitis anticus major. Longus colli. Scalenus medius. Levator scapulae.	A. vertebralis.
	Supraclaviculares anteriores u. posteriores.	Haut vor u. an dem Schlüſſelbeine, dem Handgriff des Bruſtbeines u. der Bruſtdrüſe, dem oberſten Theile des Oberarmes, dem Schultergelenk, dem Schulterblatt, dem unteren Theile des Nackens.	(Pectoralis major?) (Sternocleidomastoideus und Cucullaris?) Sternothyreoideus.	Gefäße an und oberhalb des Schlüſſelbeines. Bruſtdrüſe.
	Hinterer Aſt.	Haut an dem unteren Theile des Nackens.	Intertransversarius. Transversalis cervicis. Trachelomastoideus. Multifidus spinae. Semispinalis cervicis. Biventer cervicis. Complexus. Splenius capitis. Cucullaris.	
N. phrenicus.	Aus dem vierten und fünften, ſo wie dem dritten und ſelbſt dem ſechſten und zweiten Halsnerven. Bisweilen noch Succurſalfäden aus dem zweiten Halsnerven und dem Armgeflecht.		Scalenus anticus. (Antheil an den Herz- und Lungengeflechten.) Diaphragma.	V. jugularis interna. A. u. V. subclavia. A. mammaria interna. Thymus. Lymphdrüſen des vorderen Mediaſtinum. Große Gefäße am Herzen. V. cava inferior. Antheil an dem Sonnen- und dem Leberge-

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven.		
Hauptſtamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Urſprung deſſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
				flechte. Herzbeutel.
Fünfter Halsnerv.	Vorderer Aſt.	(Haut an dem Untertheile des Halſes?) Antheil am Achſelgeflecht.	Longus colli. Rectus anticus major. Intertransversarius. Scalenus medius (Diaphragma). Subclavius. Antheil am Armgeflecht.	A. vertebralis. A. mammaria interna.
	Dorsalis scapulae.		(Scalenus medius.) Antheil an dem hinteren Bruſtkaſtennerven. Serratus anticus major. Levator scapulae. Rhomboideus major und minor.	A. dorsalis scapulae.
	Hinterer Aſt.	Haut am unteren Theile des Nackens.	Cervicalis descendens. Transversalis cervicis. Trachelomastoideus. Multifidus spinae. Semispinalis cervicis. Splenius capitis. Biventer cervicis.	
Sechster Halsnerv.	Vorderer Aſt.	Antheil am Achſelgeflecht.	Longus colli. Rectus capitis anticus major. Intertransversarius. Scalenus anticus und medius. Diaphragma. Antheil am Achſelgeflecht.	A. vertebralis.
	N. thoracicus posterior s. respiratorius externus. Aus den vorderen Aeſten des fünften bis ſiebenten Halsnerven.		Serratus anticus major. (Subscapularis.)	
	Hinterer Aſt.	Antheil am Achſelgeflecht. (Oberſte Parthie der Rückenhaut.)	Cervicalis descendens. Transversalis cervicis. Trachelomastoideus. Multifidus spinae. Semispinalis cervicis. Biventer cervicis. Splenius capitis. (Cucullaris.)	
Siebenter Halsnerv.	Vorderer Aſt.	Antheil am Achſelgeflecht.	Intertransversarius. Scalenus anticus und posticus. (Diaphragma.) Serratus anticus major. Antheil am Achſelgeflecht.	A. vertebralis.
	Hinterer Aſt.	Haut über dem Schulterblatte	Transversalis cervicis. Cervicalis descendens. Complexus. Multifidus spinae. Semispinalis. Interspinales. (Splenius capitis. Serratus posticus superior. Rhomboideus. Cucullaris.)	

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptſtamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Urſprung desſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
Achter Halsnerv.	Vorderer Aſt.	Antheil am Achſelgeflecht.	Scalenus anticus, medius und posticus. Antheil am Achſelgeflecht.	A. subclavia.
	Hinterer Aſt.	Haut an den Dornfortſätzen der oberſten Rückenwirbel.	Multifidus spinae. Semispinalis.	
Achſelgeflecht.	N. N. thoracici s. pectorales anteriores. Aus dem fünften und ſechſten, der untere oft aus dem achten Hals- und dem erſten Bruſtnerven.	Haut des Schultergelenkes und der Umgegend, der Bruſtdrüſe und der Nachbartheile derſelben.	Subclavius. Deltoideus. Pectoralis major und minor.	Acromialgelenk. Bruſtdrüſe.
	N. suprascapularis. Aus dem fünften oder fünften u. ſechſten oder fünften bis ſiebenten Halsnerven.		Supraspinatus. Infraspinatus. (Teres minor??) (Omohyoideus.)	Schultergelenk.
	N. N. subscapulares. Aus dem fünften bis ſiebenten oder dem fünften bis achten Halsnerven.		Teres major. Subscapularis.	
	Marginalis scapulae. Aus den drei unterſten Halsnerven.		Serratus anticus major. Latissimus dorsi.	A. subscapularis.
	N. cutaneus brachii internus. Aus dem achten Hals- u. dem erſten Bruſtnerven oder dieſem allein oder ihm und den beiden letzten Halsnerven.	Haut der Achſel und des Oberarmes, vorzüglich der Innenſeite des letzteren (Haut des Vorderarmes).		A. axillaris. (?)
	N. cutaneus brachii medius.	Haut der Innen- und Vorderfläche des Oberarmes, des Ellenbogens, des Vorderar-	Coraco-brachialis. Biceps brachii. (Pectoralis minor und zum Theil major.)	V. basilica. (?)

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Haupt-ſtamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Urſprung desſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
		mes und der Hohlhand.		
	N. cutaneus brachii externus s. musculocutaneus s. perforans Casserii. Aus dem fünften bis ſiebenten oder dem fünften und ſechſten oder dem fünften u. ſiebenten Halsnerven.	Ellenbogengegend, Haut des Vorderarms, des Handrückens u. zum Theil der Handfläche und des Daumens.	Biceps brachii. Brachialis internus. (Coraco-brachialis ?)	V. cephalica. (?)
	N. axillaris. Aus den vier unterſten Hals- und dem erſten Bruſtnerven oder dem fünften bis ſiebenten oder dem fünften u. ſechſten Halsnerven.	Hinterer, äußerer und oberer Theil der Haut des Oberarmes. (Mittlere und untere Parthie deſſelben.) (Achſelhöhle.)	(Subscapularis.) Teres major und minor. Deltoideus Triceps brachii.	A. axillaris. Schultergelenk. Das Innere des Oberarmknochens.
	N. ulnaris. Aus den vier oder drei oder zwei unterſten Hals- und dem erſten Bruſtnerven oder dieſem und dem letzten Halsnerven der drei oder vier letzten Halsnerven.	Haut der Handwurzel, der Ulnarkante des Vorderarmes und der Rückenfläche der Hand und zum Theil der Volarfläche derſelben und beider Seiten, des kleinen Fingers, des Ringfingers und der Ulnarſeite des Mittelfingers.	Flexor carpi ulnaris. Flexor quattuor digitorum sublimis und profundus. Flexor digiti minimi brevis. Abductor digiti minimi. Opponens digiti minimi. Interossei (interni und) externi. Adductor pollicis. Abductor indicis. (Lumbricalis IV.)	A. axillaris. Ellenbogengelenk. Ulnarknochen. A. ulnaris. Ligamentum carpi volare proprium und die benachbarten Bandmaſſen, Handwurzelgelenk. Ligamentum carpi dorsale und Nachbarſchaft. Aeußere Fingergelenke.
	N. medianus Aus den vier letzten Hals- und dem erſten Bruſtnerven oder dieſem und dem letzten Halsnerven oder den vier unterſten Halsnerven oder den	Haut der Hohlhand, der Volarſeite des Ringfingers, des Mittelfingers, des Zeigefingers und des Daumens.	(Biceps brachii.) Palmaris longus. Pronator teres. Flexor carpi radialis. Flexor quattuor digitorum communis sublimis und profundus. Flexor pollicis longus. Pronator quadratus. Lumbricalis III., II. und I. Flexor pollicis brevis. Abductor u. Opponens pollicis. (Flexor carpi ulnaris ?) (Inter-	A. brachialis. A. recurrens ulnaris. Bänder und Gelenke der Handwurzel.

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptſtamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Urſprung desſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
	drei letzten Hals- und dem erſten Bruſtnerven oder dem fünften, ſechſten und ſiebenten Hals- und dem erſten Bruſtnerven.		ossei interni.) (Lumbricales.) (Adductor pollicis.)	
	N. radialis. Aus den vier unterſten Hals- und dem erſten Bruſtnerven, dieſem und den drei unterſten Halsnerven oder dieſen allein oder den vier unterſten Halsnerven oder dem ſiebenten und achten oder dem fünften bis ſiebenten Halsnerven.	(Haut am Oberarme.) Haut am Ellenbogen und der Radialſeite der Rückenfläche und der Volarfläche des Vorderarmes, ſo wie des Handrückens und der Rückenfläche von Daumen, Zeige- und zum Theil dem Mittelfinger.	(Latissimus dorsi.) Triceps brachii. Brachialis internus. Supinator longus. Flexor carpi radialis. Abductor pollicis brevis. Adductor pollicis. Abductor digiti minimi. Abductor indicis. Extensor carpi radialis longus und brevis. Supinator brevis. Extensor digitorum communis. Extensor pollicis longus u. brevis. Extensor indicis u. digiti minimi. Extensor carpi ulnaris. Abductor pollicis longus.	Ellenbogengelenk. A. collateralis ulnaris superior. A. radialis. Handgelenk.
Erſter Bruſtwirbelnerv.	Vorderer Aſt.	Antheil am Achſelgeflecht (dem äußeren Bruſt-) und den vorderen Oberſchlüſſelbeinnerven. Haut vor und nach außen von dem Handgriffe des Bruſtbeins, der Achſelhöhle und der Innenſeite des oberen Theiles des Oberarmes. Antheil an dem N cutaneus brachii internus.	Antheil am Achſelgeflecht (dem äußeren Bruſt- und den vorderen Oberſchlüſſelbeinnerven.) Intercostalis I. Pectoralis major.	(Bruſtdrüſe.)
	Hinterer Aſt.	Entſprechende Rückenhaut.	Kleinere Rückenmuskeln. Rückgrathsſtrecker. Intercostalis I. (Cucullaris.)	
Zweiter Bruſtwirbelnerv.	Vorderer Aſt.	Haut der Bruſtdrüſe, der Achſelhöhle und des Oberarmes, vorzüglich der Hinterſeite desſelben.	Intercostalis II. Serratus posticus superior. Triangularis sterni. (Serratus anticus major. Pectoralis major und minor?) (Intercostalis I.)	Bruſtdrüſe.

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptſtamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Urſprung desſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
	N. cutaneus brachii internus posterior superior.	Geringer Antheil am Achſelgeflecht. Haut der inneren und hinteren Parthie des oberen Dritttheils des Oberarmes dicht unter der Achſelhöhle.		
	Hinterer Aſt.	Entſprechende Rückenhaut.	Kleine Rückenmuskeln. Innere u. äußere Rückgrathsſtrecker. Cucullaris.	
Dritter Bruſtwirbelnerv.	Vorderer Aſt.	Haut vor dem großen Bruſtmuskel. Antheil an dem hinteren Hautnerven des Oberarmes. Haut der Achſelhöhle, der Hinterſeite des Schulterblattes des Oberarmes, der Bruſtdrüſe und der Umgebung derſelben.	Intercostalis III. Triangularis sterni.	Bruſtdrüſe.
	Hinterer Aſt.	Wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	Wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	
Vierter Bruſtwirbelnerv.		Haut der Bruſtdrüſe und ſeitlich von ihr bis zum Schulterblatte.	Intercostalis IV Triangularis sterni.	(Bruſtdrüſe.)
	Hinterer Aſt.	Wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	Wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	
Fünfter Bruſtwirbelnerv.	Vorderer Aſt.	Haut an dem vorderen u. ſeitlichen Theile der Bruſt.	Intercostalis V. Serratus anticus major. Triangularis sterni.	Bruſtdrüſe.
	Hinterer Aſt.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	
Sechſter Bruſtwirbelnerv.	Vorderer Aſt.	Haut an dem vorderen und ſeitlichen Theile der Bruſt.	Intercostalis VI. (Serratus anticus major) Triangularis sterni. Obliquus abdominis externus. Diaphragma.	

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptſtamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Urſprung desſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
	Hinterer Aſt.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	
Siebenter Bruſtwirbelnerv.	Vorderer Aſt.	Haut an der Vorder- und Seitenparthie und zum Theil der Hinterparthie der Bruſt.	Aehnlich wie der vorige.	
	Hinterer Aſt.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	
Achter Bruſtwirbelnerv.	Vorderer Aſt.	Entſprechende Haut des Bauches und der Seitentheile.	Intercostalis VIII. Diaphragma. Obliquus abdominis externus und Transversus abdominis.	
	Hinterer Aſt.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	
Neunter Bruſtwirbelnerv.	Vorderer Aſt.	Entſprechende Bauch- und Seitenhaut.	Intercostalis IX. Diaphragma. Obliqui abdominis externus und internus. Transversus abdominis. Rectus abdominis.	
	Hinterer Aſt.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven	
Zehnter Bruſtwirbelnerv.	Vorderer Aſt.	Entſprechende Bauch- und Seitenhaut bis zur Gegend des Hüftbeinkammes.	Intercostalis X. Obliquus abdominis externus. Diaphragma. Obliquus abdominis internus. Transversus abdominis. Rectus abdominis.	
	Hinterer Aſt.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	
Eilfter Bruſtwirbelnerv.	Vorderer Aſt.	Aehnlich wie der vordere Aſt des vorigen, nur etwas tiefer.	Intercostalis XI. Diaphragma. Obliqui abdominis externus und internus. Transversus abdominis. Rectus abdominis.	
	Hinterer Aſt.	Aehnlich wie bei d. vorigen Bruſtwirbelnerven.	Aehnlich wie bei dem vorigen Bruſtwirbelnerven.	
Zwölfter Bruſtwirbelnerv.	Vorderer Aſt.	Haut an dem Vordertheile des Darmbeines	(Diaphragma. Quadratus lumborum.) Obliquus abdominis externus und inter-	

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven.		
Hauptſtamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Urſprung desſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
		bis zum großen Rollhügel herab, Bauchhaut über dem Schaambogen.	nus. Transversus abdominis. Rectus und Pyramidalis abdominis.	
	Hinterer Aſt.	Aehnlich wie der vorige Bruſtwirbelnerv.	Aehnlich wie der vorige Bruſtwirbelnerv.	
Erſter Lendennerv.	Vorderer Aſt.		Psoas major. Quadratus lumborum.	
	N. ileo-hypogastricus.	Haut über dem Tensor fasciae latae, dem Bauchringe u. dem Schaamberge. Oder wie der folgende Nerv endigend.	(Psoas major. Quadratus lumborum.) Obliquus abdominis externus und internus. Transversus abdominis.	
	N. ileo-inguinalis.	Haut des Schaamberges, des vorderen und äußeren Theiles des Hodenſackes oder der äußeren Schaamlefze u. ſelbſt bisweilen des vorderen oberen u. inneren Theiles des Oberſchenkels.	(Psoas major. Qradratus lumborum.) (Obliqui u. transversus abdominis.)	
	Hinterer Aſt.	Haut an dem hinterſten und oberſten Theile des Darmbeines.	Kleinere Rückenmuskeln. Rückgrathsſtrecker. (Latissimus dorsi?)	
Zweiter Lendennerv.	Vorderer Aſt.	Antheil an dem N. spermaticus externus.	Psoas major. Quadratus lumborum.	
	N. spermaticus s. inguinalis s. pudendus externus s. genitocruralis.	Haut am äußeren und oberen Theile des Oberſchenkels oder der unteren u. vorderen Parthie der Hüfte nebſt der des oberen vorderen u. äußeren Theiles des Oberſchenkels und Haut der	Psoas major. (Iliacus internus.) Obliquus abdominis internus. Transversus abdominis. Cremaster.	A. cruralis. A. pudenda externa. A. epigastrica. Saamenſtrang. Tunica vaginalis propria. Hode und Nebenhode. Dartos. (Ligamentum uteri rotundum?)

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptſtamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Urſprung desſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
		Vorderfläche der Oberſchenkels überhaupt. Leiſtengegend. Haut des Hodenſackes, Schaamberg u. äußere Schaamlefze der Frau.		
	Hinterer Aſt.	Aehnlich wie der vorige Lendenwirbelnerv.	Aehnlich wie der vorige Lendenwirbelnerv.	
Dritter Lendennerv.	Vorderer Aſt.	Antheil an dem Lendengeflecht.	Psoas major u. minor. Quadratus lumborum. Antheil an dem Lendengeflechte.	
	Hinterer Aſt.	Haut der Hinterfläche des oberen Theiles des Beckens.	Kleine Rückenmuskeln. Rückgrathsſtrecker.	
Vierter Lendennerv.	Vorderer Aſt.	Antheil an dem Lendengeflecht.	Psoas major und minor. Antheil an dem Lendengeflecht.	
	Hinterer Aſt.	Wie der vorige Lendennerv. Nur oft bloßer Muskelnerv.	Wie der vorige Lendennerv. Nur oft bloßer Muskelnerv.	
Fünfter Lendennerv.	Vorderer Aſt.	Antheil an den oberen Geſäßnerven und dem Lendengeflecht.	Antheil an den oberen Geſäßnerven und dem Lendengeflecht.	
	Hinterer Aſt.		Kleine Muskeln der Wirbel und Rückgrathsſtrecker.	
Lendengeflecht.	N. cutaneus femoris anterior externus. Aus dem zweiten Lendenwirbelnerven mit Verſtärkungen aus dem erſten, dritten u. vierten oder unmittelbar aus den Schlingen des erſten bis vierten.	Antheil an den Schaamnerven. Haut am großen Rollhügel, der Vorderfläche des Oberſchenkels und der Außenſeite desſelben bis zum Knie.	(Psoas major.) Antheil an den Schaamnerven. (Iliacus internus.)	Inguinaldrüſen und Nachbartheile.
	N. cruralis. Aus den vier erſten, vorzüglich dem zweiten bis vierten Lendennerven.	Aeußerer und hinterer Theil der Haut des Oberſchenkels, Vorderfläche u. zum Theil Hin-	Psoas major und minor. Iliacus internus. Sartorius. Pectineus. Tensor fasciae latae. (Piriformis.) Vastus externus u. internus. Cruralis. Rectus femoris. Gra-	A. cruralis. Kapſelband des Hüftgelenkes. Kniegelenk. V. saphena. Beinhaut vor-

Nerv.		Verbreituugsbezirk des Nerven		
Hauptſtamm.	Untergeordnete Theil und entfernter Urſprung deſſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
		terfläche deſſelben. Kniehaut. Unterſchenkel, Gegend des inneren Knöchels, Fußrücken.	cilis. Flexor hallucis brevis.	züglich am inneren Knöchel.
	N. obturatorius. Aus dem dritten und zum Theil dem vierten Lendennerven nebſt einem geringeren Succurſe vom zweiten.	Haut vorzüglich der inneren und vorderen Parthie des Oberſchenkels. Kniegelenk. Innere und vordere Seite des Obertheils des Unterſchenkels.	(Psoas major und minor.) Obturator (internus und) externus. Gracilis. Adductor longus, brevis und magnus. (Pectineus.)	A. und V. obturatoria. Hüftgelenk.
Erſter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Aſt.	Antheil an dem oberen Geſäßnerven.	Piriformis. Antheil an den oberen Geſäßnerven und dem Hüftgeflechte.	
	Hinterer Aſt.	Haut am Geſäß und dem Kreuzbeine.	(Glutaeus maximus.)	
Zweiter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Aſt.	Antheil am Hüftgeflecht.	Piriformis. Antheil am Hüftgeflecht.	
	Hinterer Aſt.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv (und Antheil am Hüftgeflecht).	Wie der vorige Kreuzbeinnerv (und Antheil am Hüftgeflecht).	
Dritter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Aſt.	Antheil am Schaam- und Hüftgeflecht.	Harnblaſe. Maſtdarm. Scheide. Piriformis. Antheil am Schaam- und Hüftgeflecht.	
	Hinterer Aſt.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv.	
Vierter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Aſt.	Haut zwiſchen dem Steißbein und dem After. Antheil am Schaam- und Hämorrhoidalgeflecht.	Coccygeus Levator ani. Harnblaſe. Maſtdarm. (Samenblaſen.) Vorſteherdrüſe. Gebärmutter und Scheide. Antheil am Schaam- und Hämorrhoidalgeflecht.	
	Hinterer Aſt.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv.	
Fünfter Kreuzbeinnerv.	Vorderer Aſt.	Haut an und neben dem Untertheile des Steißbeines.	(Coccygeus.) (Glutaeus maximus?)	
	Hinterer Aſt.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv.	Wie der vorige Kreuzbeinnerv.	
Die beiden Schwanzwirbelnerven.		Verbinden ſich mit den benachbarten Kreuzbeinnerven.	Verbinden ſich mit den benachbarten Kreuzbeinnerven.	

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptſtamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Urſprung desſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
Hüft- oder Kreuzbeingeflecht.	N. glutaeus superior. Aus den beiden letzten Lenden- u. dem erſten Kreuzbeinnerven.	Antheil am Hüftnerven. Haut am Geſäß.	Antheil am Hüftnerven. (Piriformis.) Glutaeus maximus, medius und minimus. Tensor fasciae latae.	Weichtheile am Hüftausſchnitte.
	N. glutaeus inferior. Aus den beiden letzten Lenden- u. den beiden erſten Kreuzbeinnerven oder jenes und des zweiten u. dritten Kreuzbeinnerven.	Haut am Geſäß.	Glutaeus maximus.	
	N. cutaneus femoris posterior communis. Aus dem erſten und zweiten oder dem zweiten u. dritten Kreuzbeinnerven oder noch dem vierten Kreuzbeinnerven oder dem Schaamgeflecht.	Haut am großen Rollhügel und der äußeren vorderen Seite des Oberſchenkels. Hodenſack oder äußere Schaamlefze bis zum Schaamberge. (Haut des Dammes.) Haut der Hinter- und Innenſeite der oberen Parthie des Oberſchenkels. Mitte des Oberſchenkels bis zur Kniekehle und ſelbſt bis zur Wade.	(Glutaei?)	
	N. pudendus communis. Aus dem Schaamgeflecht oder dem Hüftgeflecht oder beiden oder dem dritten u. vierten Kreuzbeinnerven.	Haut der Umgebung des Afters und des Dammes, des Hodenſackes. Harnröhre. Aeußere und innere Schaamlefze. Schaamberg. (Oberſter Theil des Oberſchenkels.) Haut des Penis der Vorhaut, des Kitzlers und der cavernöſen Körper.	Ischiocavernosus. (Maſtdarm.) Transversi perinaei. Sphincter ani externus. Bulbocavernosus. Constrictor cunni. Gebärmutter. Scheide. Cavernöſe Körper des Penis und der clitoris.	

Nerv.		Verbreitungsbezirk des Nerven		
Hauptſtamm.	Untergeordneter Theil oder entfernter Urſprung desſelben.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe unmittelbar eintretende Zweige.
	N. haemorrhoidalis imus. Aus dem Schaamnerven oder dem Schaamgeflecht.	Haut am After.	Sphincter ani externus.	
	N. ischiadicus. Aus den beiden letzten Lenden- und den drei erſten Kreuzbeinnerven.	Haut am Geſäß und dem Obertheile des Oberſchenkels. Antheil am Wadenbein- u. Schienbeinnerven.	Gemelli. (Piriformis.) Obturator internus. Quadratus femoris. Semitendinosus. Semimembranosus. Biceps femoris. Adductor magnus. Antheil am Wadenbein- und Schienbeinnerven.	Hüftgelenk. Kniegelenk.
	N. peroneus. Aſt des N. ichiadicus.	Haut der Wade und beider Seiten der übrigen Theile des Unterſchenkels, der Knöchel, des Fußrückens und der Dorſalflächen aller Zehen.	Biceps femoris. Gastrocnemius externus. (Soleus.) (Popliteus.) Peroneus longus, brevis und tertius. Extensor communis quattuor digitorum longus. Extensor hallucis longus. Tibialis anticus. Extensor brevis digitorum und Extensor hallucis brevis. (Plantaris.) Interosseus dorsalis I.).	Kniegelenk. A. poplitea. Unterſchenkelknochen. A. tibialis. Fußgelenk.
	N. tibialis. Aſt des N. ischiadicus.	Haut an der Kniekehle und der Wade bis zum äußeren Knöchel, dem Fußrücken und der Dorſalfläche der kleinen Zehe. Haut der Innenfläche des Unterſchenkels, des inneren Knöchels, der Ferſe, der Sohle und der Plantarflächen aller Zehen.	(Popliteus.) Gastrocnemii caput externum und internum. Soleus. (Plantaris.) Tibialis posticus. Flexor communis digitorum pedis longus. Flexor longus hallucis. Abductor hallucis. Flexor brevis digitorum. Flexor hallucis brevis. Abductor hallucis. Lumbricales. Quadratus Sylvii. Abductor digiti minimi. Flexor brevis digiti minimi. Transversus pedis. Adductor hallucis. Interossei plantares und dorsales. (Von den letzteren II.—IV. oder I.—IV.)	Kniegelenk. A. tibialis antica u. postica. Zehengelenk. Arcus plantaris

Dieſe Ueberſicht zeigt uns zuvörderſt, daß ſich der Bezirk der Rücken- 1350
marksnerven, wenn man von ihrem Antheil an dem ſympathiſchen und ihren Anaſtomoſen mit einzelnen Hirnnerven abſieht, faſt ausſchließlich auf den Rumpf und die Extremitäten beſchränkt. Die einzige bedeutendere unmittelbare Ausnahme bilden die N. N. occipitales magnus und minor (und auricularis magnus), welche die Hauptquelle ihrer Nervenfaſern von dem zweiten und dritten Halsnerven ſchöpfen und ſich mit ihren gemiſchten

Zweigen an dem Hinterhaupte, dem Scheitel, dem Ohre vor und unter demſelben verbreiten. Dagegen tritt ſchon hier die Norm hervor, daß ſehr viel einzelne Körpertheile ihre Faſern nicht von denjenigen Rückenmarksnerven, welche ihrer Lage und Einfügung entſprechen, ſondern von entfernteren und zwar meiſt höheren empfangen. Auf dieſe Weiſe erhalten nicht nur die oberen Extremitäten ihre Nervenſtämme von den unterſten Hals- und dem erſten Bruſtnerven, ſondern das Zwerchfell von den Hals-, die untere Hälfte der Bauchdecken von den unterſten Bruſt-, die Haut des oberſten Theiles des Oberſchenkels von den erſten Lendennerven u. dgl. m. Dieſe Regel des Fortſchrittes oder der entfernten Ausbreitung hängt wahrſcheinlich, wenigſtens in vielen Fällen, mit Entwickelungsverhältniſſen zuſammen. So liegen z. B. die oberen Extremitäten mit ihren erſten Rudimenten hoch oben an dem Untertheile des künftigen Halſes. So befindet ſich die erſte Anlage des Zwerchfelles weit höher als ſpäter, weil ſich Bruſt und Hals erſt in der Folge ausſcheiden und entwickeln. Verlängern ſich aber einzelne Theile im Laufe der Embryonalentwicklung, entfernen ſie ſich mehr von den Wirbeln, in deren Umgebung ſie urſprünglich entſtanden, ſo müſſen ſich auch natürlich ihre Nervenſtämme ausziehen. Die Norm der entfernten Ausbreitung bildet die nothwendige Folge dieſer Verhältniſſe. Wahrſcheinlicher Weiſe werden ſich auch ſehr viele Verbindungen und Verflechtungen der Nerven bei dem weiteren Fortſchritte der Wiſſenſchaft auf nothwendige Entwickelungserſcheinungen im Embryo reduciren laſſen.

1351 Jede Seitenhälfte des Rumpfes hat ihre eigenthümlichen Nervenſtämme, die einander zwar gegenſeitig entſprechen, jedoch in ihren untergeordneten Verzweigungen einzelne Varietäten darbieten können. Schon der Wechſel des Urſprunges der einzelnen Arm- oder Schenkelnerven aus dem Achſel-, dem Lenden- oder Kreuzbeingeflecht giebt uns hierfür einen deutlichen Beleg. Noch häufigere Abweichungen der Art zeigen ſich, wenn wir die Hautnerven oder die Muskelſtämme zweier Arme oder Beine desſelben Individuums verfolgen. Dieſer Umſtand darf nicht bei der Beurtheilung von theilweiſen Lähmungen beider oberen oder unteren Extremitäten aus den Augen gelaſſen werden.

1352 Die größeren ſenſiblen oder motoriſchen Nervenſtämme des Rumpfes beſchränken ſich in der Regel auf ihre Seitenhälfte, ſo daß eine ſchmerzhafte oder paralytiſche Affection des rechten Aſtes die linke Körperhälfte, und umgekehrt, unberührt läßt. Allein dieſe Norm iſt nicht allgemein, ſobald man auch die untergeordneten Details berückſichtigt. Abſtrahiren wir ſelbſt von kleineren gegenſeitigen Verbindungen z. B. am Halſe, ſo tauſchen ſich z. B. am Zwerchfelle, dem Penis und zum Theil dem Hodenſacke die Primitivfaſern der beiden Seitenhälften wechſelſeitig aus — eine Abweichung, die wir ſpäter in noch höherem Maaße in den Eingeweiden der Bruſt und des Unterleibes antreffen werden.

1353 Die gegenſeitige Schlingenbildung, welche z. B. den Halsnerven in ſo hohem Maaße zukommt, macht es faſt unmöglich, jedem einzelnen dieſer Stämme ſeinen ſpeciellen Wirkungskreis genau zuzuweiſen. Die vielen

Varietäten, welche in dieſer Beziehung und in der Zerklüftung der untergeordneten Parthieen, z. B. der Aeſte des Achſelgeflechtes vorkommen, erſchweren noch dieſes Bemühen in bedeutendem Grade. Nichts deſto weniger aber halten ſich immer die vier oberſten Halsnerven von dem Antheile an den oberen Extremitäten mit Ausnahme der Bruſt-, Achſel- und Schultergegend frei, ſo daß Lähmungen der übrigen Theile des Armes nur auf die unteren N. N. cervicales bezogen werden können.

Daſſelbe gilt auch von den Neuralgien, welche dieſe Theile betreffen. Die Neuralgia cervico-occipitalis verbindet ſich häufig mit Geſichtsſchmerzen, erſcheint dagegen ſeltener, wenn ſie iſolirter ausgeſprochen iſt, in Complication mit einer Brachialneuralgie, während die letztere eher den unteren Theil der Halsgebilde in Mitaffection bringt. Beiſpiele hierfür ſiehe in F. L. J. Valleix Traité des Névralgies ou affections douloureuses des nerfs. Paris, 1841. p. 231 fgg.

Der N. phrenicus bildet immer den motoriſchen Nerven des Zwerchfelles. Seine mechaniſche, chemiſche oder galvaniſche Reizung hat ſtets bei friſch getödteten Thieren Zuckungen des Diaphragma zur Folge. Dieſe Erſcheinung tritt nach Affection des rechten Nervenſtammes mehr in der rechten, nach der des linken in höherem Grade in dieſer Hälfte des Zwerchfelles ein. Daß aber der Nerv nicht bloß motoriſch, ſondern auch gemiſcht ſei, lehrt die Erfahrung, daß ſeine Durchſchneidung bei Hunden Heulen und bei Kaninchen allgemeine Körperbewegungen veranlaßt. 1354

Reizung des N. vagus oder des Bruſttheiles des N. sympathicus ruft weder bei Pferden noch bei Hunden oder Kaninchen Zwerchfellbewegungen hervor. C. F. Burdach [1]) bemerkte nach galvaniſcher Irritation des rechten Zwerchfellnerven des Kaninchens Bewegungen des Magens, die nicht bloß von dem mechaniſchen Impulſe des Diaphragma herrühren ſollten und nach Einwirkung des linken N. phrenicus ausblieben. Ich konnte dieſe Erſcheinung weder bei älteren noch neueren Verſuchen wahrnehmen. Möglicher Weiſe war vielleicht der galvaniſche Strom ſo ſtark, daß er ſich durch die feuchten thieriſchen Theile bis zum Magen fortpflanzte. Eben ſo kann auch leicht dieſes Organ ſelbſtſtändige Einſchnürungen darbieten, ſobald es überhaupt auf anderem Wege zur Zuſammenziehung angeregt worden. Die bisher beobachteten phyſiologiſchen Thatſachen ſcheinen vielmehr darauf hinzudeuten, daß die muskulomotoriſchen Faſern des N. phrenicus einzig und allein dem Zwerchfelle angehören.

Hat man bei Kaninchen beide Zwerchfellnerven am Halſe durchſchnitten, ſo leben ſie noch Monate lang ohne erhebliche Beſchwerde fort. Sie zeigen höchſtens eine ſtärkere Bauchathmung und, wie es ſcheint, einen etwas ſchnelleren Herzſchlag. Dieſe Thatſache, welche bis auf die neueſte Zeit bezweifelt worden, erklärt ſich leicht aus mehrfachen Gründen. Denn 1355

1) fragt es ſich noch ſehr, ob überhaupt eine vollſtändige Lähmung des Diaphragma den Athmungsproceß zu unterbrechen oder ſelbſt auf eine lebensgefährliche Weiſe zu ſtören im Stande ſei. Menſchen mit ſehr großen Zwerchfellbrüchen werden oft ſehr alt. Fälle, wo bejahrte Leute ſo große Hernien der Art beſaßen, daß bedeutende Abtheilungen der Gedärme, die ganze Milz u. dgl. in der Bruſthöhle lagen, gehören nicht einmal zu den Seltenheiten. Im Leben zeigten ſich trotz der beſchränkten Thätigkeit

[1]) C. F. Burdach Vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. I. Leipzig, 1819. 4. S. 240.

des Zwerchfelles keine bedeutenden Athmungs-, wohl aber Unterleibsbeſchwerden. Die unvollkommene Ausbildung des Diaphragma der Vögel und der Mangel deſſelben bei Amphibien beweiſt überdies, daß es keinen unerläßlichen Theil des Athmungsapparates darſtellt.

2) aber iſt der N. phrenicus nicht der einzige Nerv, welcher das Zwerchfell verſorgt. Wenn auch die Faſern des Vagus und Sympathicus, welche in daſſelbe eintreten, keinen motoriſchen Einfluß auf dieſes Organ ausüben, ſo zeigt uns ſchon die §. 1349 gegebene Ueberſicht, daß z. B. der 6te bis 11te oder 12te Bruſtnerv Zweige an das Zwerchfell abgiebt. Eben ſo werden wir in der Folge bei dem N. hypoglossus finden, daß die oberſten Halsnerven ihren Antheil durch den R. descendens Hypoglossi und den R. phrenicus secundarius an das Zwerchfell abgeben. Die Durchſchneidung beider Zwerchfellnerven kann daher keine ganz vollkommene Lähmung des Diaphragma veranlaſſen.

Da das Zwerchfell bei dem Schluchzen vorzugsweiſe in Anſpruch genommen wird (§. 411), ſo müſſen wir in Fällen von anhaltendem krampfhaften Singultus die Gegend der Urſprungsſtelle des N. phrenicus prüfen, um uns zu verſichern, ob ein Localleiden dieſer Stelle vorhanden ſei oder nicht. Fälle, wo dieſes Uebel durch örtliche Reizmittel am Nacken und Halſe angeblich gehoben worden, finden ſich in: G. Hirsch Beiträge zur Erkenntniss und Heilung der Spinal-Neurosen. Königsberg, 1843. 8. S. 250. 51. geſammelt. Sehr häufig jedoch bildet die Krankheit einen Reflex der Abnormität anderer Organe, welcher durch das centrale Nervenſyſtem vermittelt wird. Siehe M. H. Romberg Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen. Bd. I. Abth II. Berlin, 1843. 8. S. 354—58.

1356 Die innige Verbindung des Achſelgeflechtes mit den unteren Halsnerven bedingt es, daß oft beide zugleich krankhafter Weiſe afficirt werden. Hierher gehören vorzüglich die örtlichen Neuralgien des Plexus axillaris, welche ſich häufig über den benachbarten Halstheil erſtrecken, bei ihnen fehlen nicht ſelten die peripheriſchen entſprechenden Wirkungen der afficirten Nervenſtämme, oder die Schmerzen erſtrecken ſich zugleich längs eines oder mehrerer derſelben, z. B. vorzüglich längs des N. ulnaris. Nach dem Tode zeigt oft das Achſelgeflecht gar keine oder wenigſtens in keinem Verhältniß mit den Lebenserſcheinungen ſtehende Veränderungen [1]).

Vergleichen wir die §. 866 gegebene Tabelle der Wirkungen der Armmuskeln mit der §. 1349 gelieferten Ueberſicht der Nerven, ſo ſehen wir, daß dieſe keineswegs immer den verſchiedenen Beſtimmungen der erſteren entſprechen, ſondern daß nicht ſelten antagoniſtiſche Muskelgruppen von einem und demſelben Nervenſtamme verſehen werden. So z. B. erhalten ſowohl der Deltoideus, welcher den Arm nach oben führt, als der Pectoralis major, der ihn nach der Bruſt zieht, Zweige von den N. N. thoracici anteriores. Einerſeits werden zwar Beuger des Vorderarmes, wie der Biceps brachii und der Brachialis internus von dem N. musculo-cutaneus, die Strecker dagegen, wie der Triceps, von dem N. axillaris verſorgt. Allein der dreiköpfige Armmuskel nimmt noch eben ſo gut wie der Brachialis internus Zweige vom N. radialis in ſich auf. Der als Abductor der Hand thätige Flexor carpi ulnaris empfängt ſeine bewegenden Nerven

[1]) Valleix Traité de Névralgie. Paris, 1841. 8. p. 315.

von dem N. ulnaris, ſein Antagoniſt, der Flexor carpi radialis, dagegen von dem N. radialis. Dieſer letztere Stamm verſorgt jedoch auch den Extensor carpi ulnaris, der ebenfalls die Hand abducirt, und die Extensores carpi radiales longus und brevis, welche ihm entgegenarbeiten. Wenn daher einſeitige durch die Nerven ſelbſt bedingte Lähmungserſcheinungen der oberen Extremität in allen den genannten und ähnlichen Fällen vorkommen, ſo hat es mehr Wahrſcheinlichkeit, daß ihre Urſache in den Centraltheilen liege. Anders dagegen kann ſich die Sache z. B. bei den Beugungen und Streckungen der Finger verhalten. Denn eine bloße Paralyſe des N. medianus wird die Flexion und eine ſolche des N. radialis die Extenſion derſelben unmöglich machen. Eben ſo ſind bisweilen die Gefühlsbezirke derſelben ziemlich getrennt. Der N. ulnaris nämlich verſorgt vorzüglich die fühlenden Stellen des kleinen Fingers, des Ringfingers und des Mittelfingers, während ſich die N. N. musculo-cutaneus, radialis und medianus in die übrigen Finger und zum Theil die Rückenflächen der genannten Finger theilen.

Die einzelnen empfindenden Bezirke der oberen Extremität ergeben ſich aus der §. 1349 gelieferten Tabelle von ſelbſt. Verſuchen wir aber die motoriſchen Functionen in Bezug auf verſchiedene Krankheitszuſtände überſichtlich darzuſtellen, ſo erhalten wir folgendes Schema:

Nerv.	Thätigkeit.	Muskel.
Vordere Aeſte des 2ten, 3ten und 4ten Halsnerven.	Hebung der Schulter.	Levator scapulae.
Hinterer Aſt des 7ten Halsnerven.	Desgl.	Rhomboideus major u. minor.
N. dorsalis scapulae des 5ten, N. thoracicus posterior des 6ten und vorderer Aſt des 7ten Halsnerven.	Senkung der Schulter.	Serratus anticus magnus. (5ter und 6ter Bruſtwirbelnerv.)
(N. dorsalis scapulae.)	(Hebung der Schulter.)	(Levator scapulae und Rhomboideus major und minor.)
N. N. occipitalis magnus, dorsalis scapulae und hinterer Aſt des 7ten Halsnerven.	Hebung des Schlüſſelbeines und des Schulterblattes nach oben oder Zug des letzteren nach innen und unten.	Cucullaris. (1ſter und 2ter Bruſtwirbelnerv.)
N. N. thoracici anteriores.	Herabziehen des Schlüſſelbeines.	Subclavius. Deltoideus.
	Hebung des Oberarmes.	Deltoideus.
	Senkung deſſelben.	Pectoralis major.
	Zug des Oberarmes nach vorn gegen die Bruſt und Rollung deſſelben nach innen.	Pectoralis major. (1ſter Bruſtwirbelnerv.)
N. suprascapularis.	Hebung des Oberarmes.	Supraspinatus.
	Auswärtsrollung des Oberarmes.	Supraspinatus und Infraspinatus.
N. N. subscapulares.	Einwärtsrollung des Oberarmes.	Subscapularis. Teres major.
N. marginalis scapulae.	Senkung des Schulterblattes.	Serratus anticus major.
	Senkung und Einwärtsrollung des Oberarmes.	Latissimus dorsi.

Nerv.	Thätigkeit.	Muskel.
N. cutaneus brachii medius.	Beugung des Vorderarmes.	Biceps brachii.
	Senkung der Schulter?	Coracobrachialis.
N. cutaneus brachii internus s. musculo-cutaneus s. perforans Casserii.	Beugung des Vorderarmes.	Biceps brachii und Brachialis internus.
N. axillaris.	Einwärtsrollung des Oberarmes.	Teres major.
	Auswärtsrollung desſelben.	Teres minor.
	Hebung desſelben.	Deltoideus.
	Streckung des Vorderarmes.	Triceps brachii.
N. ulnaris.	Beugung und Abduction der Hand.	Flexor carpi ulnaris.
	Beugung der 4 Finger.	Flexor quattuor digitorum communis sublimis u. profundus. Flexor digiti minimi brevis. (Abductor und Opponens digiti minimi.)
	Adduction des Daumens.	Adductor pollicis.
	Abduction des Zeigefingers.	Abductor indicis.
	Auseinanderſpreizen der Finger.	Interossei.
N. medianus.	(Beugung des Vorderarmes).	(Biceps brachii.)
	Pronation desſelben.	Pronator teres und quadratus.
	Beugung der Hand.	Flexor carpi radialis (und ulnaris).
	Beugung der Finger.	Flexor quattuor digitorum sublimis und profundus. (Lumbricales.) Flexor pollicis longus und brevis.
	Abduction und Drehung des Daumens nach innen.	Abductor und Opponens pollicis.
N. radialis.	(Einwärtsrollung des Oberarmes.)	(Latissimus dorsi.)
	Beugung des Vorderarmes.	Brachialis internus.
	Streckung des Vorderarmes.	Triceps brachii.
	Supination des Vorderarmes.	Supinator longus und brevis.
	Beugung und Abduction der Hand.	Flexor carpi radialis. Extensores carpi radiales longus und brevis.
	Streckung der Hand.	Extensores carpi radiales und Extensor carpi ulnaris.
	Streckung der Finger.	Extensor digitorum communis. Extensor pollicis longus und brevis, indicis und digiti minimi.
	Abduction des Zeige- und des kleinen Fingers, Ad- und Abduction des Daumens.	Abductor indicis und digiti minimi. Adductor und Abductor pollicis longus und brevis.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß dieſe, ſo wie die bald folgende, die untere Extremität betreffende Tabelle weder die Varietäten der Nervenſtämme, noch die etwaigen durch Anaſtomoſenverbindungen bedingten Ausbreitungen berückſichtigen kann. Wie man leicht

ſieht, hängt auch eine und dieſelbe Hauptthätigkeit nicht bloß von verſchiedenen Muskeln, ſondern auch nicht ſelten von differenten Nervenſtämmen ab, ſo daß die Lähmung des einen von ihnen nur eine unvollkommene Paralyſe der Geſammtfunction bedingen kann. Die Verkrümmungen und abnormen Stellungsverhältniſſe der einzelnen Parthieen des Armes, welche durch die freigegebene Thätigkeit des Antagoniſten einer beſtimmten gelähmten Muskelgruppe entſtehen, läßt ſich nach der §. 866 gegebenen Ueberſichtstabelle der Muskelwirkungen leicht ermitteln.

Betrachten wir vorzüglich die tieferen Lagen der Rückenmuskeln als 1357
Strecker, die Bauchmuskeln dagegen als Beuger der Wirbelſäule, ſo finden wir den Gegenſatz, daß die erſteren vorzugsweiſe von den hinteren, die letzteren dagegen von den vorderen Aeſten der entſprechenden Rückenmarksnerven verſorgt werden. Während aber jeder von ihnen ſein Contingent zu den tieferen Rückenmuskeln liefert, ſchöpft der Obliquus abdominis externus ſeine motoriſchen Faſern aus den vorderen Aeſten des 8ten bis 12ten Bruſtwirbelnerven und dem N. ileo-hypogastricus (ſowie ſelbſt dem N. ileo-inguinalis) des erſten Lendennerven, der Obliquus abdominis internus und der Transversus abdominis aus den vorderen Zweigen des 9ten bis 12ten Bruſtwirbelnerven, dem N. ileo-hypogastricus (ileo-inguinalis) des 1ſten und dem N. inguinalis des 2ten Lendennerven, der Rectus abdominis aus den vorderen Stämmen des 9ten bis 12ten und der Pyramidalis abdominis aus dem 12ten Bruſtwirbelnerven. Der Quadratus lumborum entnimmt ſeine Nervenfaſern aus den vorderen Aeſten des 12ten Bruſt- und des 1ſten, 2ten und 3ten Lendenwirbelnerven, ſo wie bisweilen noch aus dem N. ileo-hypogastricus und dem N. ileo-inguinalis.

Complicirter werden die Verhältniſſe der motoriſchen Nerven der ro- 1358
then Muskeln, welche in dem Bereiche des kleinen Beckens angebracht ſind. Den Coccygeus verſorgen der 4te und 5te Kreuzbeinnerv. Abſtrahiren wir aber von den ſpäter zu betrachtenden durch den N. sympathicus hindurchtretenden Aeſten, ſo erhalten der Levator ani Nervenfaſern vom 4ten Kreuzbeinnerven, die Transversi perinaei vom N. pudendus communis des Hüftgeflechtes, der Sphincter ani externus von dem N. pudendus communis und dem N. haemorrhoidalis imus des Schaamnerven oder des Schaamgeflechtes, der Ischiocavernosus und der Bulbocavernosus von dem N. pudendus communis, der Cremaster von dem N. spermaticus des zweiten Lendennerven und der Constrictor cunni von dem N. pudendus communis.

Die untere Extremität zeigt das eigenthümliche Verhältniß, daß 1359
manche entgegengeſetzte Muskelgruppen, wie z. B. die vorzüglichſten Beuger und Strecker des Hüft- und Kniegelenkes, von geſonderten Nervenſtämmen verſorgt werden, während faſt alle Muskeln des Unterſchenkels und des Fußes dem N. ischiadicus anheimfallen. So z. B. erhalten die beiden Psoae und der Iliacus internus als Beuger des Oberſchenkels ihre Nervenfaſern von dem 1ſten bis 4ten Lendennerven und dem N. cruralis, die Strecker dagegen, wie der Glutaeus maximus aus dem N. glutaeus superior und der Obturator internus aus dem N. ischiadicus (oder obturatorius). Allein dieſes Verhältniß trübt ſich ſchon dadurch, daß die Ad-

ductores und der Pectineus, welche ſich ebenfalls bei der Flexion des Femur betheiligen können, Zweige des N. obturatorius und zum Theil des N. ischiadicus empfangen. Die Beuger des Kniegelenkes, wie der Biceps femoris, der Semitendinosus und Semimembranosus werden von dem N. ischiadicus, die Strecker, wie der Rectus femoris, Vastus externus und internus und cruralis von dem N. cruralis verſorgt.

1360 Eine eigenthümliche Miſchung, die vorzüglich für die Beurtheilung der Nervenſchmerzen von Bedeutung werden kann, tritt in Betreff der ſenſiblen Nerven der unteren Extremität ein. Obgleich nämlich die Faſern des N. ischiadicus die Haut des ganzen Beines von dem Geſäße bis zu den Zehen verſorgen, ſo können doch auch neurologiſche Affectionen des N. cruralis bis zum Fußrücken und ſolche des N. obturatorius bis über den Unterſchenkel hinabreichen.

Verſuchen wir wiederum, die Muskelwirkungen der Hauptnerven der unteren Extremitäten zu ſpecialiſiren, ſo erhalten wir folgende Geſammtüberſicht:

Nerv.	Thätigkeit.	Muskel.
Erſter bis fünfter Lendennerv.	Beugung des Beckens oder des Oberſchenkels.	Psoas major und minor.
N. pudendus externus des zweiten Lendenverven.	Desgl.	Psoas major (und minor).
N. cutaneus femoris anterior externus.	(Desgl.)	(Psoas major und minor und Iliacus internus.)
N. cruralis.	Beugung des Beckens oder des Oberſchenkels.	Psoas major und minor. Iliacus internus. (Sartorius.)
	Abduction und Abduction des Oberſchenkels.	Pectineus und Tensor fasciae latae.
	Streckung des Unterſchenkels.	Rectus femoris. Vastus externus und internus. Cruralis. (Sartorius.)
	Beugung der großen Zehe.	Flexor hallucis brevis.
N. obturatorius.	(Beugung des Beckens oder des Oberſchenkels.)	(Psoas major und minor.) (Pectineus.)
	Adduction des Oberſchenkels.	Adductor longus, brevis und magnus.
	Drehung deſſelben nach außen und hinten.	Obturator externus und internus.
N. glutaeus superior.	Streckung des Beckens oder Oberſchenkels und Abduction des letzteren.	Glutaeus maximus medius und minimus.
	Drehung deſſelben nach beiden Seiten, vorzüglich aber nach hinten und außen.	Glutaei. Tensor fasciae latae.
N. glutaeus inferior.	Wie der vorige, nur ſchwächer.	Glutaeus maximus.
Hauptſtamm des N. ischiadicus.	Drehung des Beckens nach innen und vorn oder des Oberſchenkels nach außen und hinten.	Gemelli (Piriformis). Obturator internus. Quadratus femoris. Adductor magnus.
	Streckung des Oberſchenkels.	Obturator internus. Caput longum bicipitis. Semitendinosus. Semimembranosus.

Nerv.	Thätigkeit.	Muskel.
	Beugung des Unterſchenkels.	Biceps, Semitendinosus. Semimembranosus. (Popliteus.)
	Außerdem die Wirkung der N. peroneus und tibialis.	
N. peroneus.	Beugung des Unterſchenkels.	Biceps femoris. Gastrocnemius. (Popliteus.)
	Drehung nach außen oder Supination.	Biceps femoris.
	Emporheben der Ferſe.	Gastrocnemius. Soleus. (Plantaris.)
	Abduction des Fußes.	Peroneus longus und brevis.
	Hebung des äußeren Fußrandes.	Peroneus longus, brevis und tertius.
	Hebung des inneren Fußrandes.	Tibialis anticus.
	Beugung des Fußes.	Tibialis anticus und Peroneus tertius. (Extensor communis digitorum longus und Extensor hallucis longus.)
	Streckung der Zehen.	Extensor communis digitorum longus u. brevis. Extensor hallucis longus und brevis.
	(Abduction der zweiten Zehe.)	(Interosseus dorsalis I.)
N. tibialis.	Beugung des Unterſchenkels.	(Popliteus.) Gastrocnemius.
	Emporheben der Ferſe.	Gastrocnemius. Soleus. (Plantaris.) (Tibialis posticus.)
	Adduction des Fußes.	Tibialis posticus.
	Hebung des inneren Fußrandes.	Derſelbe.
	Beugung der Zehen.	Flexor digitorum longus und brevis. Flexor hallucis longus und brevis. (Adductor hallucis.) Caro quadrata Sylvii. Lumbricales.
	Adduction und Abduction der großen Zehe.	Adductor und Abductor hallucis. (Transversus pedis.)
	Abduction der kleinen Zehe.	Abductor digiti minimi.
	Adduction oder Abduction der einzelnen Zehen.	Interossei.

Hirnnerven. — Während die Rückenmarksnerven nur ſenſible 1361
und motoriſche Faſern führen, ſind außerdem noch in den Hirnnerven die höheren ſenſuellen nervöſen Leitungsgebilde enthalten. Hierbei vermittelt der N. olfactorius nur die Energie des Riechens, der N. opticus die des Sehens und der N. acusticus die des Hörens und keine andere Thätigkeit. Dagegen iſt der N. glossopharyngeus nach den jedoch noch der genaueren Specialiſirung bedürfenden Erfahrungen einzelner Forſcher nicht bloß der ſenſuelle Nerv der Geſchmacksempfindung, ſondern auch motoriſch, ſo daß er dann den einzigen ſenſuell gemiſchten Nerven unſeres Körpers darſtellen würde.

1362 Die drei höheren Sinnesnerven bilden in frühester Embryonalzeit unmittelbare Verlängerungen des Gehirns, in welche ſich ſogar Fortſetzungen der Ventrikel deſſelben hineinziehen. Der N. olfactorius behält dieſen Charakter einer unmittelbaren Wucherung des centralen Nervenſyſtemes am deutlichſten bei. Seine Primitivfaſern ſind fein und weich und gleichen ſelbſt noch an der Schädelbaſis eher denen der weißen Subſtanz des Gehirns als denen eines peripheriſchen Nerven. Der N. opticus zeigt die peripheriſchen Merkmale im Chiasma und jenſeits deſſelben deutlich. Allein ſeine Primitivfaſern ſind noch ſehr dünn. Der N. acusticus endlich bietet im Schädel eine weichere Conſiſtenz dar. Seine Faſern dagegen beſitzen eine größere Breite als die der beiden früher genannten Nerven. Die Elemente des N. glossopharyngeus endlich unterſcheiden ſich nicht mehr durch fixe Eigenthümlichkeiten von anderen peripheriſchen Nerven.

1363 Die ſenſuellen Nerven haben außerdem eine beſondere Geneigtheit, ſich mit Nervenkörpern zu belegen. Alle drei Wurzeln des Geruchsnerven, die äußere oder lange, die mittlere oder graue und die innere oder kurze führen graue oder gallertige Subſtanz an oder neben ſich. Sie erhält ſich ſogar noch häufig in geringem Grade innerhalb des Riechſtreifens und nimmt in dem Geruchskolben (Bulbus cinereus) bedeutend zu, ſo daß dieſer bei der gleichzeitigen Zartheit und Weichheit der Primitivfaſern einem Hirnganglion in vieler Beziehung gleicht. Der Sehnerv hat zwar weder in dem Chiasma, noch außerhalb deſſelben als Nervenſtamm Ganglienkugeln; allein dieſe kehren in der Nervenkörperſchicht der Netzhaut von Neuem wieder. Der Gehörnerv zeigt nicht nur an einzelnen Stellen einen röthlichen Belag, ſondern der Vorhofsnerv bildet ſogar, ehe er ſich in ſeinen hintern, mittleren und unteren Zweig trennt, eine beſondere Anſchwellung, die ſogenannte Intumescentia ganglioformis Scarpae. An dem Zungenſchlundkopfnerven endlich treten vorzüglich die hinteren Wurzelbündel an das Ganglion jugulare superius, während ſpäter alle Faſcikel deſſelben das Ganglion petrosum N. glossopharyngei beſitzen. So auffallend aber dieſe reichliche Anweſenheit von Nervenkörpern an den verſchiedenen Sinnesnerven iſt, ſo wenig läßt ſich bis jetzt ihr ſpecieller Nutzen mit Beſtimmtheit darlegen.

1364 Die übrigen acht Hirnnerven ſind entweder rein motoriſch oder gemiſcht. Ein rein ſenſibler Nervenſtamm ſcheint unter ihnen und in dem Körper des Menſchen und der Hausſäugethiere überhaupt nicht vorzukommen. Denn der N. vagus, dem dieſe Eigenſchaft von einzelnen Forſchern zugeſchrieben wird, iſt ebenfalls nach den Beobachtungen Anderer gemiſcht. Bloß motoriſche Faſern führen die N. N. facialis und accessorius und wenigſtens größtentheils, wo nicht gänzlich die N. N. patheticus, abducens und hypoglossus. Aus ſenſiblen und bewegenden gemiſcht erſcheinen die N. N. oculomotorius, trigeminus und, wie erwähnt, der N. vagus.

1365 Beiderlei Arten von Faſern vertheilen ſich, wie wir geſehen haben, ſymmetriſch an die doppelten Wurzeln der Rückenmarksnerven, ſo daß die hinteren ſenſibel, die vorderen motoriſch ſind. Etwas Aehnliches findet nur bei dem N. trigeminus Statt. Denn ſeine größere Portion führt

nur ſchmerzempfindende, ſeine kleinere einzig und allein muskelbewegende Faſern. Wäre der herumſchweifende Nerv bloß ſenſibel, ſo würde er ſich zum Beinerven, wie eine vordere zu einer hinteren Wurzel verhalten. Dagegen iſt z. B. der N. oculomotorius von vorn herein gemiſcht, ohne daß ſich ſeine empfindenden Faſern nach den bisherigen Beobachtungen von den bewegenden unmittelbar ſondern laſſen. Umgekehrt ſind alle Theile des Antlitznerven ohne Unterſchied ihrer verſchiedenen Wurzelbündel motoriſch.

Jede ſenſible Wurzel eines Rückenmarksnerven beſitzt ihr Ganglion, 1366
an welchem die motoriſche keinen Antheil nimmt. Dieſes Verhältniß wurde früher als ein Kriterium der Vermittlung der Schmerzensempfindung angeſehen und auf die Hirnnerven übertragen. Spätere Unterſuchungen lehrten jedoch, daß eine Analogie der Art nicht Statt findet. Nur die größere Portion des dreigetheilten Nerven hat ihren Gaſſer'ſchen Knoten, an dem die kleine keinen Theil nimmt. Wäre ſelbſt der N. vagus rein ſenſibel, ſo könnte doch ſein Jugularknoten mit keinem Spinalganglion verglichen werden, weil auch der motoriſche Beinerv in daſſelbe eintritt und hier der ſogenannte vordere Aſt deſſelben ſeine Faſern mit denen des herumſchweifenden vermengt. Der gemiſchte N. oculomotorius hat überdies gar keine Ganglienanſchwellung, während der rein motoriſche Antlitznerv eine ſolche zwar nicht an ſeinem Urſprunge, aber doch am Anfange ſeines peripheriſchen Verlaufes, an ſeinem Knie nämlich beſitzt. Wenn daher auch an den hinteren Wurzelfäden des N. hypoglossus als ſeltene Ausnahme ein Knötchen beobachtet worden (Mayer)[1]), ſo läßt ſich kein Schluß in Betreff der gemiſchten Natur des Zungenfleiſchnerven aus dieſer ſelbſt als richtig angenommenen Thatſache herleiten.

I. Geruchsnerv (N. olfactorius). — Die Durchſchneidung dieſes 1367
Nerven bei Säugethieren oder Vögeln erregt nicht die geringſte Schmerzensäußerung[2]), hat dagegen den Verluſt alles objectiven Geruchsſinnes zur Folge. Selbſt hungerige Hunde, an denen man die erwähnte Operation vorgenommen, achten nicht mehr auf Fleiſch, das man ihnen in ein Papier gewickelt vorwirft (Magendie). Kaninchen, die früher den Leichnam eines anderen friſch getödteten Thieres derſelben Art beſchnüffelt haben, unterlaſſen dieſes, nachdem ihre Riechnerven getrennt worden. Während aber die Geruchsempfindung auf dieſe Weiſe verloren geht, erhält ſich die Taſtperception der Naſenſchleimhaut, die von den ſie verſorgenden Zweigen des N. trigeminus herrührt, auf das Vollſtändigſte. Es entſteht nicht nur Schmerz, wenn man die Schneider'ſche Membran mit einem Drahte unſanft berührt oder verletzt, ſondern Subſtanzen, welche leicht verdunſten und hierbei die organiſchen Theile anätzen, wie Ammoniak,

---

1) Weder Bach noch ich konnten jedoch daſſelbe bei dem Menſchen auffinden. Siehe die neue Bearbeitung von Sömmerring's Hirn- und Nervenlehre. Leipzig. 1841. 8. S. 517.

2) Vergl. auch Magendie Vorlesungen über das Nervensystem und seine Krankheiten. Aus dem Französischen übersetzt von G. Krupp. Leipzig, 1841. 8. S. 232.

Chlor, Aether u. dgl. werden deutlich wahrgenommen. Dieſe Erſcheinungen ſind aber von dem wahren Geruche, wie wir ſchon bei dieſem geſehen haben, weſentlich verſchieden. Es war daher nicht begründet, wenn einzelne frühere Schriftſteller auch dem N. trigeminus einen Antheil an den ſenſuellen Riechempfindungen zugeſtehen wollten.

Krankheitsfälle des Menſchen führen zu denſelben Reſultaten. Angeborener Mangel der Geruchsnerven, Zerſtörung derſelben durch drückende Geſchwülſte, Vereiterung u. dgl. bedingt auch den vollkommenen Verluſt des Geruchsſinnes. Perſonen der Art empfinden aber noch vollkommen jeden mechaniſchen Reiz, welcher ihre Naſenſchleimhaut trifft, und unterſcheiden bei dem Aufriechen ſehr gut reines Waſſer von ſolchem, welches mit Aetzammoniak geſchwängert worden. Uebt eine ſich ausbildende Geſchwulſt einen allmäligen Druck auf die noch nicht gelähmten Riechnerven aus, ſo hat das Individuum unaufhörlich ſubjective Geruchsempfindungen. Manche Kranke der Art glauben daher, daß ſich immer ein faulender Leichnam oder Excremente u. dgl. in ihrer Nähe befinden. Daß auch ähnliche Erſcheinungen bei Affectionen der Großhirntheile, welche Faſern der Geruchsnerven enthalten, auftreten können, verſteht ſich von ſelbſt.

Um die Geruchsnerven ohne vollſtändige Oeffnung des Schädels, z. B. bei Kaninchen zu durchſchneiden, legt man den vorderen mittleren Theil des Stirnbeines bloß, trepanirt eine ungefähr ¼ Quadratzoll große Knochenlamelle der Mitte deſſelben heraus, geht mit einem Skalpell ein und zerſtört die beiden Riechnerven, indem man mit der Schneide bis zur entgegengeſetzten Knochenwand hinübergeht und ſie möglichſt weit nach rechts und links wendet. Man kann dann auf ſolche Weiſe die beiden Geruchsnerven oder die Riechkolben verletzen. Die Thiere geben bei dieſem Theile der Operation nicht das geringſte Schmerzenszeichen von ſich und empfinden es auch nicht, wenn man das centrale Stück des Nerven allein (ohne die benachbarten Parthieen) reizt. Die Blutung iſt im Ganzen unbedeutend und ſteht bald von ſelbſt oder nach Anwendung kalten Waſſers ſtill. Heftet man die Wunde zu, ſo kann man die Kaninchen bisweilen längere Zeit am Leben erhalten.

Eine Reihe von Krankheitsfällen, in denen die Zerſtörung der N. N. olfactorii den Verluſt des Geruchsſinnes nach ſich zog, finden ſich in: De functionibus nervorum p. 11. und F. A. Longet Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrés. Tome II. Paris, 1842. 8. p. 37—41. Was die angebliche Riechempfindung der Aeſte des N. trigeminus betrifft, ſo ſtützte man ſich in pathologiſcher Hinſicht vorzüglich auf einen von Bérard beobachteten Fall, in welchem ein Mann, deſſen Riechnerven durch eine fungöſe Geſchwulſt zerſtört waren, durch die Ausdünſtung eines anderen neben ihm liegenden mit einem Congeſtionsabſceſſe behafteten Kranken unangenehm afficirt wurde. Allein abgeſehen davon, daß Bérard ſelbſt dieſe Beobachtung ſpäterhin als unzuverläſſig erklärte (Longet a. a. O. p. 41.), bildet gerade der Druck einer Geſchwulſt ein ſehr precäres Moment, um die Lähmung aller Primitivfaſern eines Nerven ſicher nachzuweiſen.

1368 II. Sehnerv (N. opticus). — Legt man dieſen Nerven bei Kaninchen oder Tauben an der Schädelbaſis bloß und reizt ihn mechaniſch, ſo entſteht kein deutliches Zeichen von Schmerzensempfindung [1]). Die Thiere bewegen ſich nur bisweilen, offenbar weil ein lebhaftes ſubjectives Lichtbild in dieſem Augenblicke in ihrem Geſichtsfelde auftritt. Die gleiche Erfahrung kann man nicht ſelten an Menſchen, denen ein Augapfel exſtirpirt

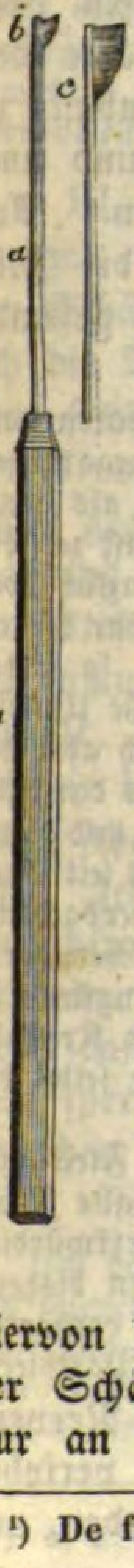
[1]) Vergl. Magendie a. a. O. S. 232. 33.

wird, machen. Iſt der N. opticus iſolirt, ſo verurſacht die Durchſchneidung deſſelben keine Schmerzen, während die nothwendigen Verletzungen der zahlreichen Aeſte des N. trigeminus die bedeutendſten Qualen veranlaßt und die Operation zu einer der ſchmerzhafteſten der Chirurgen macht. Bisweilen erſcheinen dann auch dem Kranken Feuerbilder, die noch ſpäter wiederkehren und bei der nachfolgenden Entzündung mit beſonderer Intenſität hervortreten. In manchen Fällen nehmen jedoch auch die Kranken keine Lichtphantasmen während der Trennung des ſelbſt noch ganz geſunden Sehnerven wahr [1]).

Die Netzhaut zeigt die gleiche Unempfindlichkeit bei Kaninchen und ſelbſt nach Magendie bei dem Menſchen. Ihre Zerreißung mittelſt der Staarnadel veranlaßt keine Schmerzensäußerungen, während dieſe ſogleich nach dem Anſtechen der Ciliarnerven erſchien.

Natürlicher Weiſe müßte der Schädel, wenn wir die einzelnen Hirnnerven an der Basis cranii durchſchneiden wollten, geöffnet und das Thier daher nicht bloß einer qualvollen, ſondern einer zum Theil nutzloſen Operation ausgeſetzt werden, weil der ſtarke Eingriff kaum ſichere Folgereſultate erlaubte und eine fernere Beobachtung unmöglich machte. Um alle dieſe Nachtheile, ſo weit es angeht, zu vermeiden, dient das von Magendie zuerſt gebrauchte Neurotom. Ein in einem Griffe befeſtigtes Stilet a trägt ein kleines vorn ſpitzes beilartiges Meſſer b. Dieſes wird nun von außen an einer beſtimmten Stelle eingeſtochen, auf ſeiner breiten Fläche liegend bis zu dem Nerven fortgeführt und nun ſo herumgedreht, daß die Schneide auf demſelben zu ſtehen kommt. Um daher bei der letztern Drehung ſicher zu gehen, bezeichnet man ſich diejenige Seite des Griffes, welche dem Rücken des Stilets entſpricht, mit einem ſchwarzen Punkte oder einem eingefeilten Striche. Das Neurotom findet bei Verſuchen über die N. N. opticus, oculomotorius, trigeminus und abducens ſeine Anwendung. Man orientirt ſich über ſeine Führung in den genannten Einzelfällen am beſten, wenn man einen friſch präparirten geöffneten Schädel eines Kaninchens oder Hundes unmittelbar neben ſich hat. Für größere Thiere, wie Hunde oder Katzen, oder zur Durchſchneidung der Rückenmarkswurzeln dient eine Form des Inſtrumentes, wie es c darſtellt.

Fig. 215.



Um den Sehnerven bei Kaninchen in der Schädelhöhle zu trennen, führt man das Neurotom vor dem Ohre in den Schädel ein, geht der Hinterwand der Orbita entſprechend nach innen und durchſchneidet alsdann den N. opticus. Dieſer Verſuch mißlingt aber ſehr häufig, weil er oft von einer tödtlichen Blutung begleitet wird. Leichter läßt ſich die Operation in der Orbita vornehmen, indem man die Bindehaut zwiſchen dem Augapfel und dem oberen Augenlide an dem Ende des Orbitalrandes des Stirnbeines durchbohrt, das Inſtrument längs der äußeren und hinteren Wand der Augenhöhle von vorn nach hinten fortſtößt, bis zum Foramen opticum vordringt und nun den weich anzufühlenden Sehnerven durchſchneidet. Bisweilen wird auch hier die A. ophthalmica verletzt. Allein die dann verurſachte Blutung bedingt in der Regel nur ein ſtärkeres Hervortreten des Bulbus, während die Thiere die Operation Monate lang überleben können.

Jede Zerſtörung des N. opticus oder der Netzhaut veran- 1369
laßt vollkommene Blindheit. Abgeſehen von den vielfachen Erfahrungen der Art, welche die Pathologie liefert, kann man ſich hiervon leicht an Kaninchen überzeugen, wenn man ihren N. opticus in der Schädelhöhle oder der Orbita durchſchneidet. Hat man die Operation nur an einer Seite vorgenommen und verbindet dem Thiere das ge-

---

[1]) De functionibus nervorum p. 16. 17.

ſunde Auge, ſo nimmt es nicht nur alle umgebenden Gegenſtände entweder gar nicht oder bloß vermittelſt ſeiner langen Taſthaare oder der Haut überhaupt wahr, ſondern wird auch durch die ungewohnte Dunkelheit, welche es jetzt heimſucht, dergeſtalt aufgeregt, daß es eigenthümliche unzweckmäßige Bewegungen darbietet und z. B. mit der größten Haſt vorwärts läuft, bis es an der Wand des Zimmers anſtößt.

1370 Die Pupille des afficirten Auges zieht ſich im Augenblicke der Durchſchneidung des Sehnerven bedeutend zuſammen und verharrt in dieſem Zuſtande kürzere oder längere Zeit. Dieſe Thatſache bildet keine unmittelbare Folge der Thätigkeit des N. opticus, ſondern erſt die eines durch das Gehirn bedingten Reflexes auf den N. oculomotorius. Denn Reizung des peripheriſchen Stückes des getrennten Sehnerven verändert das Sehloch nicht. Minder beſtändig erſcheinen die unmittelbaren Wirkungen grellen Lichtes. Läßt man nämlich das durch eine Sammellinſe concentrirte Sonnenlicht in das Auge fallen, ſo bleibt jede Veränderung des Sehloches aus, ſobald es gelingt, das Lichtbündel unmittelbar durch die Pupille auf die Netzhaut zu werfen. Wird dagegen zugleich die Iris getroffen oder iſt der Verſuch mit einer bedeutenderen Erwärmung der Oberfläche des Auges verbunden, ſo kommen auch Bewegungen der Regenbogenhaut zu Stande. Solche Reflexe können ſich dann auf das geſunde Auge, und umgekehrt, wie man bei operirten Kaninchen leicht ſieht, übertragen. Auf gleiche Weiſe zeigt ſich nicht ſelten bei dem Menſchen, daß ſich die Iris eines gänzlich amaurotiſchen Bulbus zuſammenzieht, ſo wie das geſunde Auge von ſtarkem Lichte afficirt wird.

Da die Elemente der Netzhaut ſchon durch ein mehrſtündiges ruhiges Verweilen nach dem Tode zerſtört werden, ſo darf es uns nicht wundern, wenn noch die organiſchen Veränderungen der Retina bei dem ſchwarzen Staar oder der Amauroſe ſo gut als gänzlich unbekannt ſind. In Augen, die ſeit längerer Zeit ausgelaufen oder ſonſt zerſtört ſind, geht kein Theil ſo leicht als die Netzhaut zu Grunde. Sie fehlt meiſt gänzlich oder wird durch eine dünne Faſermembran, welche unter dem Mikroſkope keine Spur der eigenthümlichen Retinaelemente darbietet, erſetzt. Fehlt auch der Glaskörper, ſo findet man oft im Innern eine halbdurchſichtige oder weißliche Maſſe und eine weiße Umhüllung, die zwar dem freien Auge nach einer erhärteten Retina ähnlich ſieht, ſich aber bei genauerer Prüfung mit vergrößernden Linſen als ein bloßes veraltetes Erſudat darſtellt. Beſchränkte ſich dagegen die Blindheit auf bloße Verdunkelung der Hornhaut und Ausſchwitzung in der vorderen Augenkammer und der Pupille, und dauerte ſie erſt ſeit einer Reihe von Wochen, ſo kann die Netzhaut, wie ich wenigſtens bei Kaninchen beobachtete, alle ihre normalen Elemente darbieten. Eben ſo iſt ſie nicht immer bei Verknöcherungen, welche an ihr vorkommen und die vollkommenſte Knochenſtructur beſitzen, wenigſtens in ihrer ganzen Ausdehnung verändert. Daß Trübungen der Hornhaut oder der Kryſtalllinſe oder Verwachſungen der Pupille u. dgl. keinen directen Einfluß auf ſie ſelbſt bei dem Menſchen ausüben, lehrt die tägliche ärztliche Erfahrung.

Erinnern wir uns, daß wir in der Regel nur den Sömmerring'ſchen Fleck zum Sehen benutzen und daß in einer nicht ſehr großen Entfernung von demſelben alle Möglichkeit der Auffaſſung verſchwindet (§. 1100), ſo tritt in der Netzhaut der merkwürdige Fall ein, daß der größte Theil eines nervöſen Organes wenigſtens nach unſeren bisherigen Kenntniſſen zur normalen Unthätigkeit beſtimmt iſt. Seine Elemente verharren nichts deſto weniger in demſelben Zuſtande an den thätigen wie den unthätigen Parthieen.

1371 Die Sehnerven zeigen die eigenthümliche, keinem anderen Nervenſtamme zukommende Erſcheinung, daß ſie ſich am Anfange ihres peripheriſchen Verbreitung zu einem Mittelgebilde, dem Chiasma, verbinden, um

ſich erſt dann geſondert zu jedem der beiden Augen zu begeben. Obgleich noch der Faſerverlauf in dem Chiasma fortgeſetzter Unterſuchungen bedarf, ſo iſt doch ſo viel gewiß, daß in ihm nur eine theilweiſe Kreuzung der Primitivfaſern Statt findet. Sie umfaßt nämlich bloß vorzugsweiſe die inneren und tieferen Faſern, während die äußeren und flacheren, ſo weit ſich das Verhältniß bis jetzt verfolgen ließ, direct zu dem Auge derſelben Seite verlaufen. Der Nutzen dieſer eigenthümlichen Bildung iſt noch völlig unbekannt.

Als man vorzüglich in früherer Zeit vielfach darüber ſtritt, ob gar keine oder eine theilweiſe oder eine vollſtändige Kreuzung der Sehnervenfaſern in dem Chiasma Statt finde, ſuchte man vorzüglich dieſes Problem durch pathologiſche Erfahrungen zu löſen. Allein dieſe gaben, ſoweit ſich nämlich über die Atrophie oder die Zerſtörung des N. opticus bei Erblindeten urtheilen ließ, ganz entgegengeſetzte und für jede beliebige Anſicht paſſende Reſultate. War z. B. das rechte Auge zerſtört, ſo zeigten ſich bald der rechte, bald der linke, bald beide Sehnerven hinter dem Chiasma atrophiſch. Eine Reihe von Fällen der Art ſind z. B. in F. Longet a. a. O. Tome II. p. 68—73 geſammelt. Die Aufgabe wird um ſo ſchwieriger, als es ſich vorzugsweiſe um die Ermittelung handelt, ob ſich die Faſern, welche in den Sömmerring'ſchen Fleck und deſſen Nachbarſchaft eintreten, durchkreuzen oder nicht. Nur bei dem Menſchen verfolgte Localverletzungen eines Sehnerven hinter dem Chiasma könnten in dieſer Hinſicht ſicheren Aufſchluß gewähren, da die Beurtheilung bei Thieren, ob nur ein Auge oder beide unvollſtändig oder vollſtändig erblindet ſind, ſehr vielen Schwierigkeiten unterliegt.

1372 III. **Gemeinſchaftlicher Augenmuskelnerv** (N. oculomotorius). — Verſucht man dieſen Nerven bei Kaninchen ohne Verletzung der Schädelhöhle mittelſt des Neurotoms zu durchſchneiden, ſo verhalten ſich die Thiere, ſo lange das Inſtrument zwiſchen der Schädelbaſis und dem Gehirn dahingleitet, vollkommen ruhig. Sie ſchreien aber, wenn der N. oculomotorius berührt wird, laut auf und wehren ſich aufs heftigſte gegen dieſen Eingriff. Die Schmerzensäußerungen vergrößern ſich während der Durchſchneidung deſſelben, verſchwinden aber nach derſelben auf der Stelle. Dieſe Thatſache deutet darauf hin, daß der gemeinſchaftliche Augenmuskelnerv keine verhältnißmäßig geringe Menge ſenſibler Faſern enthält, obgleich ein Theil des Schmerzes auch dadurch entſtehen kann, daß die benachbarten Grundflächen der Großhirnſchenkel, die, wie wir in der Folge ſehen werden, ſehr empfindliche Parthieen des Gehirnes ſind, gereizt werden. Jedoch geben auch Kaninchen, denen man den Schädel geöffnet und die Großhirnhemiſphären entfernt hat, bei dem Anſtechen des N. oculomotorius Schmerzenszeichen von ſich (Magendie) [1]. Die Punkte, an welchen ſich dieſe ſenſiblen Faſern des Oculomotorius verbreiten, ließen ſich bis jetzt nicht ſpeciell verfolgen. Wahrſcheinlich gehen ſie oder wenigſtens ein Theil derſelben durch die kurzen Wurzeln des Ganglion ophthalmicum und die Rami ciliares breves zur Iris und anderen inneren Theilen des Auges.

Um den N. oculomotorius mittelſt des Neurotoms bei Kaninchen zu trennen, bringt man wiederum, indem das Meſſer horizontal liegt, unmittelbar vor dem Ohre durch die Haut und die Knochen in der Höhe der Schädelbaſis ein, rückt an dieſer bis zu dem dann deutlich fühlbaren Keilbeinkörper vor, hebt hierauf das Ende des Inſtrumentes durch Senkung des Griffes in geringem Grade, ſtößt es ½ bis ¼ Linie vor und trennt

[1]) a. a. O. S. 233.

den Oculomotorius. Dieſe Methode hat den Nachtheil, daß man häufig bei noch ſo großer Uebung die Carotis cerebralis verletzt. Das Thier wird dann bald darauf von Krämpfen ergriffen, die oft ſehr heftig vorzüglich die Hinterfüße afficiren. Beſchränkt ſich der Bluterguß auf den einen Großhirnſchenkel und deſſen Umgebung, ohne die Mittellinie der Schädelbaſis zu überſchreiten, ſo dreht ſich das Kaninchen fortwährend im Kreiſe nach der der Verletzung entgegengeſetzten Seite herum. Erſtreckt ſich das Extravaſat weiter, ſo werden die Convulſionen allgemeiner. Der Kopf wird gewaltſam rückwärts gezogen. Es zeigen ſich mit kloniſchen Krämpfen abwechſelnde Anfälle von Opisthotonus oder von Tetanus, vorzüglich in den Hinterfüßen. Der leiſeſte Hautreiz verurſacht nicht ſelten den ſtärkſten Anfall ſolcher Muskelzuckungen. Nach und nach wird die Athmung beſchwerlicher. Es ſtellt ſich eine immer heftigere Respiratio abdominalis ein, die Athemzüge bleiben länger aus und werden mühſamer, bis endlich der Tod eintritt.

Dringt man mit dem Neurotom an dem Hinterrande der Orbita in die Schädelhöhle ein, folgt genau der Hinter- und Innenſeite der Außenwand der Augenhöhle, ſenkt dann die Spitze des Inſtrumentes in der Gegend der Mitte der Schädelgrundfläche nach unten und durchſchneidet auf dieſem Wege den Sehnerven, ſo kann man die Verletzung der Hirncarotis eher vermeiden. Allein dieſe Methode hat den Nachtheil, daß man nicht ſelten auch das Gehirn afficirt.

1373 Die bewegenden Faſern des N. oculomotorius laſſen ſich in ihrer peripheriſchen Verbreitung um Vieles leichter und entſchiedener verfolgen. Bekanntlich zerfällt der Hauptſtamm deſſelben in einen oberen und einen unteren Aſt. Jener verſorgt den Levator palpebrae superioris und den Rectus superior. Dieſer dagegen ſondert ſich in zwei untergeordnete Zweige. Der äußere von ihnen bildet die kurzen Wurzeln des Augenknotens und verbreitet ſich außerdem in den Obliquus inferior, während der innere zu dem Rectus inferior und dem Rectus internus geht. Bei den Säugethieren, z. B. dem Pferde, verſieht überdies der gemeinſchaftliche Augenmuskelnerv den noch hier vorhandenen Retractor bulbi und ſendet ſelbſt Fädchen an den Rectus externus. Der letztere Fall kommt auch bei dem Menſchen varietätenweiſe vor. Alle dieſe Verbreitungen führen motoriſche Faſern für die genannten Muskelgebilde.

Bricht man die Augenhöhle bei eben getödteten Kaninchen, Kälbern oder Pferden, vorzüglich aber Hunden oder Katzen von oben her möglichſt ſchnell auf und reizt den oberen Hauptaſt des Oculomotorius mechaniſch oder chemiſch, ſo erzittern nicht ſelten die Faſern des Levator palpebrae superioris und des Rectus superior. Die Zuſammenziehung des letzteren Muskels iſt bisweilen ſo ſtark, daß ſich der Bulbus auf ſichtliche Weiſe nach oben wendet. Reizung des unteren Aſtes des gemeinſchaftlichen Augenmuskelnerven erzeugt Zuckungen in dem Rectus internus und inferior und dem Obliquus inferior. Bei Hunden und Katzen rollt dann ſogar der Augapfel häufig nach innen, ſeltener nach unten. Eine Affection des Stammes des N. oculomotorius ruft aber nicht bloß noch außerdem Zuckungen in dem Retractor bulbi, ſondern auch in dem Rectus externus und ſelbſt dem Obliquus superior bei dem Kalbe, dem Schafe und der Katze hervor (**Volkmann**)[1].

Es unterliegt keinem Zweifel, daß der N. oculomotorius auch bei dem Menſchen mit ſeinem oberen Aſte Bewegungen des Levator palpebrae superioris und des Rectus superior, mit ſeinem unteren ſolche des Rectus internus, inferior und Obliquus inferior

---

[1]) Müller's Archiv. 1840. 8. S. 478.

veranlaßt. Wir finden nicht ſelten bei zart conſtituirten Individuen, vorzüglich hyſteriſchen Frauen, eine rein örtliche Lähmung des Levator palpebrae superioris. Das obere Augenlid ſinkt herab, kann nicht ohne die Hilfe des Fingers emporgehoben werden, bedeckt einen Theil des Augapfels und erzeugt eine ſogenannte Ptoſis, während das untere normal bewegt und das Auge gehörig geſchloſſen zu werden vermag, weil der Orbicularis oculi ſeine gehörige Thätigkeit beibehält. Da die motoriſchen Faſern des letzteren von dem N. facialis kommen, ſo muß bei Lähmung deſſelben und Integrität des N oculomotorius die Schließung der Augendeckel unmöglich, die Aufhebung des oberen Augenlides dagegen leicht vollführbar ſein — eine Folgerung, welche, wie wir bei dem Antlitznerven ſehen werden, durch die Erfahrung vollkommen beſtätigt wird. Die Functionen des Rectus superior, internus, inferior und Obliquus inferior ſind übrigens in den gewöhnlichen Fällen von Ptoſis an und für ſich nicht geſtört.

Eine Paralyſe des Rectus internus giebt natürlich der Thätigkeit des Externus freien Spielraum, ſo daß dann der Augapfel bei der geringſten Gelegenheit nach außen ſchielt. Umgekehrt vermag eine erhöhte Wirkung des R. inferior oculomotorii eine Abweichung der Augenſtellung nach innen oder nach unten und innen hervorzurufen. Bei Schädelverletzungen, welche mit Fiſſuren und Extravaſaten an der Basis cranii verbunden ſind, laſſen ſich nicht ſelten Belege für jede der beiden genannten Wirkungen nachweiſen. Das §. 1016 erwähnte Radſchielen, welches nicht ſogleich dem Blicke auffällt, ſich aber Anfangs durch ſein Doppeltſehen charakteriſirt und durch die disharmoniſche Thätigkeit der Obliqui bedingt wird, könnte möglicher Weiſe durch eine abweichende Wirkung des äußeren Zweiges des unteren Aſtes des Oculomotorius bedingt werden.

Die Pupille des entſprechenden und oft ſogar die des entgegengeſetzten 1374
Auges zieht ſich bei Kaninchen im Augenblicke der Durchſchneidung des in der Schädelhöhle noch befindlichen N. oculomotorius dergeſtalt zuſammen, daß ſie nicht ſelten die Kleinheit eines Stecknadelknopfes erreicht. Sie erweitert ſich zwar ſpäter allmälig, reagirt aber alsdann nicht mehr, wenn ſelbſt durch eine Sammellinſe concentrirtes Sonnenlicht in die Tiefe des Auges eingeleitet wird. Verändert ſich das Sehloch des geſunden Bulbus aus irgend einem Grunde, ſo bleibt ſie ebenfalls ſtarr und unbeweglich. Die gleichen Folgen zeigen ſich bei lebenden Hunden, welchen der Augenknoten exſtirpirt worden (Brachet)[1]. Bei einzelnen friſch getödteten Hunden, Katzen und ſelbſt Kaninchen verengert ſich bisweilen die Pupille, wenn man den N. oculomotorius drückt oder die Theile, welche das Ganglion ophthalmicum umgeben, mit dieſem ausſchneidet. Allein dieſes Reſultat bleibt in den bei weitem meiſten Fällen aus, indem ſich die Iris gar nicht bewegt oder ſogar das Sehloch in Folge des Todes ſehr allmälig an Umfang zunimmt.

Die Lähmung des ganzen Oculomotorius des Menſchen veranlaßt Ptoſis, Schielen nach außen und die Unmöglichkeit, die Pupille irgend anders als nach unten und außen zu wälzen. Nur der Rectus externus und der Obliquus superior laſſen keine Störung ihrer Thätigkeit wahrnehmen. Das Sehloch dreht ſich mehr, um nach außen und unten zu gelangen, als daß es ſich geradezu in einer Diagonale nach jener Gegend hinbegäbe. Die Pupille hat einen mäßigen Grad von Erweiterung, bleibt bei dem Einfallen ſtarken Lichtes ſtarr, vergrößert ſich aber nach Einwirkung der Belladonna. Bisweilen entſteht Schief- oder Doppeltſehen, während die Geſichtsſchärfe ſelbſt etwas abnimmt. Das Accommodationsvermögen dagegen verändert ſich nur auf ſehr unbedeutende Weiſe[2].

---

[1] J. L. Braschet Récherches expérimentales sur les fonctions du systéme nerveux ganglionaire et sur leur application à la pathologie. Seconde Edition. Paris, Lyon et Montpellier, 1837, 8. p. 419—22.

[2] Ruete klinische Beiträge. Heft I. Braunschweig, 1843. 8. S. 241—49.

1375 IV. Rollmuskelnerv (N. patheticus s. trochlearis). — Senſible Thätigkeiten laſſen ſich an ihm wenigſtens nicht beſtimmt nachweiſen. Denn wenn auch bisweilen Kaninchen, denen man den N. patheticus in der Schädelhöhle zu durchſchneiden ſucht, lebhaft ſchreien, ſo macht doch nicht nur die Nähe des N. trigeminus, der faſt jedes Mal zugleich gezerrt wird, das Urtheil ungewiß, ſondern jede ſtärkere Schmerzensäußerung in Berückſichtigung der Kleinheit des Nerven in hohem Grade verdächtig. Nach Entfernung des Gehirns entſteht kein Schmerz, ſobald der Rollmuskelnerv verletzt wird (Magendie) [1]). Oeffnet man dagegen bei eben getödteten Kaninchen, Katzen oder Hunden die Schädel- und die Augenhöhle, ſo zieht ſich der Obliquus superior und kein anderer Muskel nach Reizung des N. patheticus zuſammen. Nicht ſelten betheiligt ſich jedoch dieſer auch bei der Nervenverſorgung der Thränendrüſe.

Die Methode, den Nerven mittelſt des Neurotoms zu durchſchneiden, ſtimmt im Weſentlichen mit der, welche für den N. trigeminus gilt, überein. Daß der Verſuch bei dem geringen Umfange und dem verſteckten Verlaufe des Nerven meiſtentheils mißlingt, bedarf kaum der Erwähnung. Durchſchneidet man den letzteren bei geöffnetem Schädel, ſo geben ſich keine Schmerzensäußerungen zu erkennen.

Angebliche Fälle von Lähmung des N. patheticus mit Radſchielen und Doppeltſehen, beobachtet von Sichel und Szokalski, ſiehe bei Longet a. a. O. Tome II. p. 398—400.

1376 V. Dreigetheilter Nerv (N. trigeminus). — Verſucht man dieſen Nervenſtamm bei ſonſt unverletzter Schädelhöhle mit dem Neurotom zu durchſchneiden, ſo verhält ſich das Thier, ſo lange das Inſtrument an der Basis cranii verweilt, vollkommen ruhig, ſtößt dagegen, ſo wie man nur die Hirnhautfalte, durch welche der Trigeminus durchgeht, berührt oder gar den Nerven drückt oder durchſchneidet, die gellendſten und anhaltendſten Schmerzenstöne aus. Kaninchen ſchreien bei dieſer Gelegenheit ſo laut und intenſiv, wie man es ſonſt nie von ihnen hört. Oeffnet man den Schädel, hebt die entſprechende Großhirnhemiſphäre in die Höhe und trennt dann den dreigetheilten Nerven, ſo ſind die Folgen die gleichen. Sie ändern ſich ſogar nicht, wenn man die oberen Theile der Großhirnhemiſphären nebſt den geſtreiften Körpern und den Sehhügeln entfernt hat (Magendie, Eſchricht) [2]). Iſt der Nerv gänzlich durchſchnitten oder wenigſtens die größere Portion deſſelben vollkommen getrennt, ſo hört das Schreien des Thieres unmittelbar nach der Operation auf und kehrt auch nie mehr in der Folgezeit wieder. Blieb dagegen noch eine Parthie der Faſern unverſehrt und werden ſie durch die nachfolgende Blutung gedrückt oder gezerrt, ſo dauert das Wehklagen des Thieres länger fort, verliert ſich jedoch auch ſpäter gänzlich. Der geringſte Stich oder Druck aber, welcher die größere Portion des dreigetheilten Nerven trifft, entlockt ihm von Neuem einen durchdringenden Schrei.

1377 Die Pupille des Auges der operirten Seitenhälfte verkleinert ſich bei Kaninchen im Augenblicke der Durchſchneidung des ganzen N. trigeminus auf das Schnellſte, reducirt ſich hierbei auf die Größe eines Stecknadel-

[1]) a. a. O. S. 233.

[2]) D. F. Eschricht De functionibus Nervorum faciei et olfactus organi. Hafniae, 1825. 8. p. 40.

knopfes und verharrt in dieſem Zuſtande Wochen und Monate lang. Weder Lichtwechſel noch irgend eine andere Urſache oder die Bewegung der Regenbogenhaut des geſunden Bulbus verändern den Stand der Dinge an dem kranken Auge. Sie bleibt zugleich in ihrem Krampfe, da keine Wiedererzeugung eines durchſchnittenen N. trigeminus beobachtet wird, bis zum Tode. Auch bei dem Menſchen hat Lähmung des dreigetheilten Nerven, wie einzelne Krankheitsfälle gelehrt haben, Verkleinerung der Pupille zur Folge. Bei Hunden und Katzen dagegen erweitert ſie ſich unter den gleichen Verhältniſſen dergeſtalt, daß die Iris nur einen ſchmalen Saum darſtellt.

Kein Hirnnerv kann ſo leicht bei einiger Uebung mit dem Neurotom durchſchnitten werden als der dreigetheilte. Man geht zu dieſem Zwecke mit dem Inſtrumente mit horizontal gehaltener Schneide vor dem Ohre ungefähr im Niveau der halben Höhe der Orbita durch die Haut und den Knochen ein, dreht es hierauf ſo, daß das Meſſerchen deſſelben nach unten ſieht, und dringt dann gerade vor, bis man die Durchgangsfalte der harten Hirnhaut an der Schädelbaſis fühlt. Nun hebt man die Spitze des Inſtrumentes, ſchiebt ſie etwas nach innen und durchſchneidet den dreigetheilten Nerven mit einigen kräftigen Zügen. Hält man ſich mehr nach vorn, ſo trifft man bisweilen nur den R. ophthalmicus, ſonſt dagegen den ganzen Nervenſtamm. Man verletzt hierbei nicht ſelten, vorzüglich im erſteren Falle, die Hirncarotis, ſo daß die ſchon bei dem Oculomotorius geſchilderten Symptome in Folge der Blutung eintreten. Sie ſchwinden aber nach den Verſuchen von Magendie, wenn man den Schädel öffnet, die Großhirnhemiſphäre emporhebt und das Extravaſat entfernt [1]).

Legt man bei einem eben getödteten Säugethiere irgend einer Art, 1378
z. B. dem Kaninchen, dem Schafe, dem Kalbe, dem Pferde, dem Hunde oder der Katze den N. trigeminus an ſeinem Urſprunge bloß, trennt die beiden Portionen deſſelben von einander und vom Gehirn und reizt die größere mechaniſch oder chemiſch, ſo entſtehen keine Zuckungen in den Muskeln des Auges, des Geſichtes, des Ohres, der Zunge, des Halſes und überhaupt aller beweglichen, mit rothen Muskelfaſern verſehenen Theile, durch welche Zweige derſelben durchtreten. Dagegen erzittern die Kaumuskeln, der Mylohyoideus und der Digastricus maxillae inferioris, nicht aber der Buccinatorius, ſo wie man die kleinere Portion angreift. Während alſo dieſe letztere motoriſch iſt, zeigt die erſtere rein ſenſible Eigenſchaften. Bisweilen läßt ſich dieſelbe Thatſache durch die Verhältniſſe lebender Thiere erhärten. Wenn nämlich nur die Portio major verletzt iſt, behält der Unterkiefer ſeine normalen Verhältniſſe. Iſt dagegen der ganze dreigetheilte Nerv getroffen worden, ſo hängt die untere Kinnlade ſchlaffer herab (Ch. Bell, Magendie) oder ſtellt ſich bei Kaninchen etwas ſchief. Jedoch ſind dieſe Symptome, ſo wie das nur auf die geſunde Seite beſchränkte Kauen ſehr äquivoke Zeichen, welche leicht zu Täuſchungen Veranlaſſung geben können.

Schwieriger wird der Nachweis, daß die kleinere Portion gar keine 1379
ſenſiblen Faſern führe. Denn abgeſehen davon, daß ihre Iſolation bei geöffnetem Schädel des lebenden Thieres ſehr erſchwert iſt, bildet der Reactionsmangel bei Durchſchneidung derſelben an einem dergeſtalt ver-

[1]) Eschricht a. a. O. p. 40.

letzten Geſchöpfe keinen abſoluten Beweis, daß alle ſenſiblen Faſern im ſtrengſten Sinne des Wortes mangelten. Die Analogie mit den Rückenmarksnerven macht hier die rein motoriſche Natur der kleineren Portion wahrſcheinlicher als der phyſiologiſche Verſuch, welcher höchſtens die bei Weitem vorherrſchenden bewegenden Eigenſchaften dieſes Nerventheiles nachweiſen kann.

1380 Der dreigetheilte Nerv erlangt dadurch einen beſonderen Einfluß, daß er nicht nur die Senſibilität der Haut des Geſichtes, ſondern auch die der vier höheren Sinneswerkzeuge vorzugsweiſe beherrſcht. Die inneren Theile des Auges, insbeſondere die Regenbogenhaut, die Bindehaut, die Thränendrüſe, die Thränenkarunkel und der Thränenſack werden von dem erſten, der Thränengang von dem zweiten und die Bindehaut nebſt den Augenlidern von beiden genannten Zweigen des N. trigeminus verſorgt. Während auch wahrſcheinlich feine Fäden deſſelben zu den Schleimhäuten des inneren Gehörorganes gelangen, laſſen ſich zahlreiche Reiſer des dritten Aſtes zu dem Trommelfelle, dem Gehörgange und dem äußeren Ohre verfolgen. Die Schleimhaut der Naſe empfängt zahlreiche Aeſte von dem R. ophthalmicus und dem R. maxillaris superior, die der Stirnhöhlen von dem erſteren, die der Highmorshöhle, der Euſtachiſchen Trompete und der Umgebung derſelben von dem letzteren und die der Siebbeinzellen von beiden Aeſten. Eben ſo recrutiren ſich die Zunge, die Mandeln, der weiche Gaumen, das Zäpfchen und die oberſte Parthie des Schlundes aus Bündeln des dritten und zum Theil des zweiten Aſtes. Dieſer verſorgt auch die Haut des harten Gaumens, indem ihn hierbei der erſte Aſt nur vorzugsweiſe vorn unterſtützt und verſieht die Zähne und das Zahnfleiſch des Oberkiefers. Die Vertheilung geſtaltet ſich in der Art, daß der Naſenaſt des vorderen Zahnnerven den inneren und zum Theil oder gänzlich den äußeren Schneidezahn, das vordere Unterkiefergeflecht, den Eckzahn und den erſten Backzahn, der hintere Plexus supramaxillaris den zweiten Backzahn und die Oberkieferſchlinge oder die hinteren oberen Zahnnerven die übrigen Backzähne verſorgen. Die Zähne der Unterkinnlade werden durchgehends von dem dritten Aſte des Trigeminus und zwar größtentheils dem R. mandibularis mit Nerven verſehen. Dieſer Aſt ſteht auch dem Zahnfleiſche dieſer Parthie vor. Nur empfängt zugleich der hinterſte Theil derſelben Fäden aus dem R. maxillaris und ſelbſt von dem zweiten Aſte des Trigeminus.

Alle wichtigeren Theile der Geſichtshaut erhalten von ihm ihre empfindenden Eigenſchaften. Die Gegend der Augenbrauen, der Stirn, der Augenlider, der Naſenwurzel, der Naſenflügel und der unteren Parthie der Schläfe verdanken ſie dem erſten, das untere Augenlid, die Haut der Wange, der Oberlippe, der Naſe dem zweiten, endlich die der Schläfe, des Ohres, des Gehörganges, des Unterkieferwinkels, der Unterlippe, des Kinnes und des Mundwinkels dem dritten Aſte des dreigetheilten Nerven. Eben ſo wird die Empfindlichkeit der Innenfläche der Oberlippe vom zweiten, die der Innenſeite der Unterlippe vom dritten Aſte deſſelben bedingt.

Außerdem verlaufen noch zahlreiche Fäden zu der Beinhaut der Augen-

höhle, der Knochennetze des Ober- und Unterkiefers, der Trommelhöhle, des Zitzenfortſatzes, der Ohrſpeichel-, der Unterzungen- und der Unterkieferdrüſe, ſo wie zu den Ductus Stenonianus, Whartonianus, Bartholinianus und Rivini.

Neben dieſen ſenſiblen Wirkungskreiſen erſtreckt endlich noch der N. trigeminus ſeinen motoriſchen Einfluß auf die M. M. temporalis, masseter, pterygoideus externus und internus, mylohyoideus und digastricus, ſo wie vielleicht auf den Buccopharyngeus, Mylopharyngeus, Circumflexus palati, Tensor veli palatini und Tensor tympani.

Der Nervenſtamm anaſtomoſirt überdies mit dem Oculomotorius, Trochlearis, Abducens, Facialis, Glossopharyngeus, Vagus (R. anterior N. accessorii), Hypoglossus und den oberſten, vorzüglich dem 2ten und 3ten Halsnerven, ſo daß ſich auch ſeine Thätigkeit auf einzelne Punkte der Bahnen dieſer Nerven erſtrecken kann.

Da eine Specialiſirung der Thätigkeitsbezirke des N. trigeminus für die genaue Beurtheilung der örtlichen Neuralgien und Lähmungen von Bedeutung iſt, ſo folgt hier eine Ueberſichtstabelle der wichtigſten Zweige dieſes Nervenſtammes. Die größeren Gebiete der drei Hauptäſte deſſelben ſind in §. 1425 ſummariſch angegeben.

Hauptaſt.	Zweige		Verbreitungsbezirk des Nerven		
	erſter Ordnung.	zweiter Ordnung.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe.
R. ophthalmicus.					Anaſtomoſe mit dem Plexus cavernosus u. dem N. trochlearis.
	R. nasociliaris.				Anaſtomoſe mit dem N. abducens und dem R. superior N. oculomotorii. Aſt an den Obliquus superior. A. ophthalmica.
		Radix longa Ganglii ciliaris.	Regenbogenhaut und andere innere Theile des Auges. Cornea und vielleicht zum Theil die Conjunctiva.		Anaſtomoſe mit den R. R. ciliares longi und R. inferior N. oculomotorii.
		R. R. ciliares longi.	(Sklerotika und Sehnervenſcheide?) Innere Theile des Auges.		Aſt an den Rectus superior.
		R. ethmoidalis.	(Schleimhaut der Stirnhöhle oder der Siebbeinzellen.) Schleimhaut der Naſenſcheidewand, der Seitentheile der inneren Naſe		A. ethmoidalis.

Hauptaſt.	Zweige		Verbreitungsbezirk des Nerven		
	erſter Ordnung.	zweiter Ordnung.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe.
			und zu der Muſchel bis zur unteren, dieſe mit eingeſchloſſen. Aeußere Haut zwiſchen dem inneren Augenwinkel und der Naſenwurzel, des Naſenrückens, des Naſenflügels und des Ueberganges in die Naſenſchleimhaut an der Peripherie des Naſenloches.		
		R. infratrochlearis.	(Bindehaut.) Thränenkarunkel. Thränenſack. Schleimhaut der Stirnhöhle (und der Siebbeinzellen). Haut über dem Kreismuskel des Auges, am inneren Augenwinkel, dem unterſten Theile der Stirn, der Gabella, der Haut über dem Thränenſack, der oberen Parthie der Naſe und Augenlider.		Anaſtomoſe mit dem R. ethmoidalis. A. ophthalmica. A. frontalis. A. palpebralis inferior.
	R. frontalis.				Anaſtomoſe mit dem R. infratrochlearis.
		R. supratrochlearis.	(Schleimhaut d. Stirnhöhle.) (Weichgebilde in der Umgebung der Trochlea.) (Bindehaut.) Haut an dem unteren Theile der Mittellinie der Stirn.		Desgl.
		R. supraorbitalis s. frontalis sensu strictiori.	Oberes Augenlid. Haut über dem Kreismuskel des Auges, an den Augenbrauen, der Stirn und dem vorderen Theile des Scheitels.		Verbindung mit dem R. supratrochlearis. A. supraorbitalis.
	R. lacrymalis.		(Regenbogenhaut.) Thränendrüſe. Bindehaut, vorzüglich äußere Hälfte derſelben. Haut am äußern Augenwinkel (über dem Schließmuskel des Auges) bis gegen die Schläfe hinüber.		A. lacrymalis. Verbindung mit dem Ganglion ciliare oder der langen Wurzel deſſelben oder dem R. frontalis, dem Subcutaneus malae oder dem Infraorbitalis.
R. maxillaris superior.					Anaſtomoſe mit dem cavernöſen Geflecht.
	R. subcutaneus malae.		Haut an dem äußeren Theile der Stirn, der unteren der Schläfe u. der Wange über dem Jochbeine.		Verbindung mit dem R. lacrymalis.

Hauptaſt.	Zweige erſter Ordnung.	Zweige zweiter Ordnung.	Verbreitungsbezirk des Nerven ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe.
	Plexus et Ganglion spheno-palatinum.				Antheil an dem Geflecht um den Sehnerven. (Untere mittlere Wurzel des Augenknotens.) Beinhaut der Orbita. Anaſtomoſe mit dem N. abducens. A. spheno-palatina.
		R. recurrens externus.	Schleimhaut des Keilbeinſinus.		Verbindung mit dem dritten Aſte des Trigeminus.
		R. recurrens internus s. vidianus.	Schleimhaut der hinteren und oberen Siebbeinzellen, der hinteren und oberen, ſo wie der hinterſten und unterſten Parthie der Naſenſcheidewand, der Euſtachiſchen Trompete, der Umgebungen der Rachenmündung derſelben u. des oberſten Theiles des Schlundes nach den Choanen hin.		A. vidiana. (Anaſtomoſe mit dem Ganglion oticum.) Verbindung mit dem genu N. facialis durch den R. superficialis u. dem Plexus caroticus durch den R. profundus.
		R. R. nasales superiores anteriores.	Schleimhaut an dem unteren Theile der oberen Muſchel, des Hintertheils des oberen Naſenganges und der Mitte der Naſenſcheidewand, ſo wie der Siebbeinzellen.		
		R. R. nasales superiores posteriores.	Mittlere Muſchel. Mitteltheil der Naſenſcheidewand. Schleimhaut über der Euſtachiſchen Trompete.		
		R. nasopalatinus Scarpae.	Mittlerer u. unterer Theil der Naſenſcheidewand. Warzenartiges Organ hinter den oberen Schneidezähnen und benachbarte Gaumenhaut.		A. naso-palatina.
		R. R. palatini.	Untere Muſchel. Schleimhaut des unteren u. mittleren Naſenganges. Mandel und Nachbarſchaft derſelben. Weicher Gaumen und Zäpfchen. Zahnfleiſch des Oberkiefers und Haut des harten Gaumens.		A. spheno-palatina. (Fäden an dem Gaumenheber.)

Hauptaſt.	Zweige erſter Ordnung.	Zweige zweiter Ordnung.	Verbreitungsbezirk des Nerven ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe.
	R. R. dentales superiores posteriores.		Schleimhaut der Highmorshöhle. Backzähne und deren Zahnfleiſch.		A. maxillaris interna. (Fäden an den Obertheil des Buccinatorius und den Pterygoideus internus.) Knochenſubſtanz des Oberkiefers. A. alveolaris superior posterior.
	R. dentalis superior anterior minor.		Verbindet ſich, wenn er vorhanden iſt, mit dem folgenden Nervenzweige.		
	R. dentalis superior anterior major.		Schleimhaut des vorderſten Theiles des Bodens der Naſenhöhle. Vorderſte Parthie der harten Gaumenhaut. Beide obere Schneidezähne (u. Eckzahn) nebſt dem dazu gehörenden Zahnfleiſch. Innenhaut des Thränen-Naſenganges. (Schleimhaut einzelner Stellen der Naſe und des Gaumens.) Aeußere Haut am Mundwinkelheber und dem Backenmuskel.		A. alveolaris superior anterior.
	R. infraorbitalis.		Haut zwiſchen dem Auge und der Oberlippe.		A. infra-orbitalis.
		R. R. palpebrales inferiores.	Augenlider, vorzüglich das untere. Haut der benachbarten Theile der Wange, der Stirn und der Naſe.		Blutgefäße am inneren Augenwinkel.
		R. R. nasales superficiales.	Rücken- und Seitenfläche der Naſe nebſt der angrenzenden Wangenhaut (ſo wie der Oberlippe). Ränder des Naſenloches.		
		R. R. labiales.	Haut der Wange, des Naſenflügels (und der Innenfläche deſſelben?). Das Filtrum der Außen- u. Innenfläche der Oberlippe bis zum Zahnfleiſch hin. Haut des Mundwinkels und der Wange bis zum Jochbeine und dem Unterkiefer.		
R. maxillaris inferior.	Ganglion oticum.		Verbindung mit dem R. temporalis superficialis.	Tensor veli palatini? Pterygoideus	A. A. maxillaris interna u. pharyngea adscendens.

Hauptaſt.	Zweige erſter Ordnung.	Zweige zweiter Ordnung.	Verbreitungsbezirk des Nerven: ſenſibler. Haut.	Verbreitungsbezirk des Nerven: motoriſcher. Muskel.	Verbreitungsbezirk des Nerven: In andere Organe.
				internus? Tensor tympani.	Anaſtomoſe mit dem Geflechte der chorda tympani, dem R. petrosus superficialis minor N. facialis und dem R. petrosus profundus minor. R. tympanici N. glossopharyngei.
	R. pterygoideus internus.			Tensor veli palatini. Tensor tympani. Pterygoideus internus. (Circumflexus palati.)	
	R. buccinatorius.		Haut über dem Buccinatorius? Innenfläche der Backenhaut?	Temporalis. Pterygoideus externus u. zum Theil internus.	A. maxillaris. Ductus Stenonianus.
	R. R. temporales profundi.			M. temporalis.	
	R. massetericus.		Haut über dem Masseter?	Masseter u. Temporalis.	Faſermaſſe des Unterkiefergelenkes.
	R. temporalis superficialis, s. auricularis anterior.		Haut über dem Kiefergelenk, der Parotis, des Ohres, der Schläfengegend und des äußeren Gehörganges. Trommelfell.		A. A. carotis, maxillaris interna, meningea media, temporalis, auditiva interna. Faſermaſſe des Kiefergelenkes. Ohrſpeicheldrüſe. Verbindung mit der chorda tympani.
	R. lingualis.		Mandel. Schleimhaut über dem Mylopharyngeus und an dem ſenkrechten Aſte des Unterkiefers u. der hinterſten horizontalen Par-	(Tensor veli palatini?) (Pterygoideus internus?)	(Verbindung mit der chorda tympani.) (Verbindung mit dem N. hy-

Hauptaſt.	Zweige		Verbreitungsbezirk des Nerven		
	erſter Ordnung.	zweiter Ordnung.	ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe.
			thie deſſelben. Schleimhaut des Bodens der Mundhöhle u. der ganzen Zunge.		poglossus.) A. sublingualis. Unterzungen- und Unterkieferdrüſe. Ductus Whartonianus, Bartholinanus und Rivini.
R. mandibularis s. maxillaris inferior sensu strictiori.			Unterkieferzähne und Zahnfleiſch derſelben. Außen- und Innenfläche der Unterlippe. Haut des Kinnes.	Pterygoideus internus. Mylohyoideus. Digastricus, vorzüglich der vordere Bauch deſſelben. (Transversus menti??)	A. alveolaris inferior und mentalis.

Obgleich der dreigetheilte Nerv einen verhältnißmäßig nur kleinen motoriſchen Verbreitungsbezirk hat, ſo kehrt doch auch bei ihm das ſchon früher (S. 645) erläuterte Geſetz wieder, daß antagoniſtiſche Muskeln von demſelben Hauptſtamme verſorgt werden. Denn er verbreitet ſich nicht bloß in die Kaumuskeln, ſondern auch in den vorderen Bauch des Digastricus, der zwar das Zungenbein emporheben, aber auch bei Feſtſtellung des letzteren mit dem Mylohyoideus die Unterkinnlade ſenken kann (§. 830).

1381 Iſt der ganze N. trigeminus bei einem Säugethiere durchſchnitten oder bei dem Menſchen gelähmt worden, ſo treten die vorzüglichſten Folgen dieſes Krankheitszuſtandes in dem Auge, der Naſe und zum Theil dem Ohre und der Zunge, ſo wie im Geſichte und den Kaumuskeln hervor. Die Pupille des Menſchen oder des Kaninchens iſt bedeutend verkleinert und bleibt trotz aller äußeren Einwirkungen unverändert. Die Bindehaut erſcheint gänzlich unempfindlich. Jede noch ſo ſtarke Berührung derſelben verurſacht weder Schmerz, noch vermehrten Thränenfluß noch krampfhafte Schließung der Augenlider. Bald darauf entwickeln ſich auch eigenthümliche Entzündungserſcheinungen, welche den Bulbus nach und nach theilweiſe oder gänzlich zerſtören und von denen wir in der Folge bei der Betrachtung des Ernährungseinfluſſes der Nerven handeln werden. Die Schleimhaut der inneren Naſe iſt vollkommen inſenſibel, ſo daß z. B. jede Verletzung derſelben keine Empfindung, jeder Kitzel kein Nieſen verurſacht. Unvollſtändigere Wirkungen geben ſich an dem Ohre kund. Die Empfindlichkeit des äußeren Ohres und des äußeren Gehörganges iſt nur zum Theil abgeſtumpft. Ob die Spannung des Paukenfelles minder pünktlich vor ſich gehe, ſteht dahin. Die Taſtfähigkeit der Zunge iſt gänzlich vernichtet, ſo daß der Kranke die Speiſen, welche er nimmt, nicht genau

fühlt und Fragmente derſelben in der Mundhöhle, ohne daß er es merkt, zurückbleiben. Der gleiche Mangel an Senſibilität zeigt ſich auch an den Zähnen, dem Zahnfleiſch, der Innenfläche der Wangen, dem Boden der Mundhöhle, der Haut des harten und zum Theil der des weichen Gaumens, ſo wie in geringem Grade an der oberſten Parthie des Schlundes. Legt man in die Mundhöhle reizende Stoffe, ſo läuft der Speichel nicht zuſammen. Kranke glauben, daß ihnen der Biſſen, weil ſie ihn bei dem Kauen nicht fühlen, aus dem Munde gefallen ſei.

Am Geſichte iſt die Haut der Stirn, der Schläfe, der Augenbrauen, der Augenlider, der Naſe, der Wange, der Ober- und Unterlippe und zum Theil des Kinnes ganz unempfindlich, die des Ohres hingegen, der hinteren Parthie der Schläfe und die, welche den Unterkiefer bedeckt, in ihrer Senſibilität abgeſtumpft. Trinkt der Kranke, ſo glaubt er, daß ein Stück des Glaſes ausgebrochen ſei. Freſſen die Thiere, ſo benehmen ſie ſich hierbei minder geſchickt als geſunde und laſſen viele Fragmente der Nahrungsmittel, die ſie ſchon mit den Lippen oder den Zähnen gefaßt hatten, wiederum fallen.

Die Kaumuskeln verſagen ihren Dienſt an der kranken Seite und fühlen ſich ſchlaff an, während die Kinnlade bisweilen, jedoch nicht immer, nach der geſunden Geſichtshälfte hingezogen iſt. Das Aufziehen des Zungenbeines ſtößt wahrſcheinlich bei feſtgeſtelltem Unterkiefer auf mehr Hinderniſſe als im geſunden Zuſtande.

Keines der Sinnesorgane iſt in ſeinen urſprünglichen Energien geſtört. Der Menſch oder das Thier riecht, hört und ſieht ſelbſt vollſtändig, wenn nicht der Bulbus in Folge der Verletzung zerſtört worden. Eben ſo unterſcheidet er, wie wir bei dem Zungenſchlundkopfnerven ausführlicher ſehen werden, das Bittere vom Süßen, empfindet aber nicht ſolche Geſchmackszuſtände, welche mehr von Taſtenergien bedingt werden (§. 1259). Verwundungen der Zunge, die bei der mangelnden Perception durch Kauen leicht entſtehen, gehen ohne Wahrnehmung vorüber. An den Zähnen fehlt das Gefühl des Stumpfwerdens und des Widerſtandes bei dem Beißen. Nicht ſelten blutet das aufgelockerte Zahnfleiſch oder die riſſig gewordene Zunge. Bei Kaninchen bilden ſich bisweilen, jedoch nicht immer, Schorfe an der Naſe oder der Oberlippe.

Die ſämmtlichen Muskeln, durch welche Zweige der größeren Portion des N. trigeminus hindurchtreten, gehorchen vollkommen dem Willenseinfluſſe. Der Menſch kann die Stirn runzeln, das obere Augenlid emporheben, beide Augendeckel zuſammen bewegen, die Naſe emporziehen und rümpfen, den Mund gleichförmig öffnen und ſchließen, alle mimiſchen Bewegungen des Geſichtes regelrecht vornehmen, lachen, weinen u. dgl., ohne daß eine Entſtellung zum Vorſchein kommt. Es zeigt ſich weder Schielen, noch eine ſchiefe Stellung der normal beweglichen Zunge oder des Mundes.

Iſt nur der eine N. trigeminus gelähmt, ſo beſchränken ſich die eben angegebenen Zeichen einzig und allein auf die entſprechende Seitenhälfte des Kopfes. Kaninchen bedienen ſich dann zum Taſten nur der Haare

der geſunden Seite. Sind dagegen beide N. N. trigemini deſſelben getrennt worden, ſo erhält ſein ganzer Gang etwas Ungewöhnliches. Es ſcheut ſich oft, vorwärts zu gehen, ſtemmt häufig, wenn es dieſes thut, die Unterſeite des Kopfes, gleich einem Stocke, gegen den Boden und reibt einen ihm widerſtehenden Körper nicht ſelten Stunden lang mit der Schädelhaut, ſo daß ſie blutrünſtig und wund wird (Magendie)[1]. Dabei ſchließt es noch im Anfange, ehe die erwähnte Augenentzündung eingetreten, die Augenlider, wie ein geſundes Thier, wenn ein zu grelles Licht durch die Hornhaut einfällt.

Eine vollſtändige Lähmung des ganzen N. trigeminus des Menſchen ohne Affection anderer Nervenſtämme oder des Gehirnes gehört zu den größten Seltenheiten. Häufiger dagegen befallen ſolche Krankheitszuſtände einzelne Aeſte deſſelben oder werden durch wuchernde Geſchwulſte oder chirurgiſche Operationen hervorgerufen. Bisweilen kommt auch der Arzt in Verſuchung, einzelne Stämme der Art bei Geſichtsſchmerzen zu durchſchneiden, ſo daß er die Ausdehnung der Lähmungserſcheinungen, welche er in Folge ſeines Eingriffes zu erwarten hat, genau kennen muß.

Jede Paralyſe des R. frontalis bei ſeinem Austritte an dem oberen Augenhöhlenrande oder des R. supraorbitalis vermindert die Taſtempfindlichkeit des oberen Augenlides und der Nachbarſchaft deſſelben und hebt die der Stirn bis zu dem Scheitel gänzlich auf. Gehen mehrere Stämme durch die Incisura supraorbitalis, ſo tritt natürlich der genannte Erfolg erſt nach der Trennung aller ein. Dieſer Nerv bildet zugleich den Sitz der Neuralgia frontalis. Sein Hauptſtamm veranlaßt auch allein oder in Verbindung mit dem R. ethmoidalis die Empfindungen in der Stirnhöhle, welche in vielen Krankheiten unter dem Scheine von wahren Kopfſchmerzen auftreten. Viele Aerzte glauben wahrgenommen zu haben, daß nach Verletzung des Stirnaſtes des dreigetheilten Nerven Blindheit erfolge. Allein bis jetzt liegt hierfür weder ein phyſiologiſcher Grund vor, noch verlieren Kaninchen oder Hunde, denen man den Supraorbitalnerven durchſchnitten hat, das Sehvermögen des entſprechenden Auges. Möglicher Weiſe waren noch bei Unglücksfällen, die den R. frontalis trafen, andere Nebenverletzungen vorhanden, welche die Lähmung der Retina bedingten.

Iſt der ganze R. ophthalmicus unthätig, ſo verharrt die Pupille trotz allen Lichtreizes in ihrem einmal angenommenen verkleinerten Zuſtande. Mit der Zeit folgen Augenentzündung, Ausſchwitzungen in die vordere Augenkammer, Verwachſung der Pupille, Trübung der Hornhaut, Geſchwürsbildung in der Mitte derſelben oder Durchbohrung der Cornea, Auslaufen des Auges und Reduction deſſelben zu einem unförmlichen Stumpfe. Die Bindehaut iſt total oder wenigſtens größtentheils unempfindlich, nicht ſelten injicirt und wird oft getrübt, ſo daß ſich die Hornhaut mit einem grauen Schleier bedeckt. Die gleiche Inſenſibilität erſtreckt ſich auf die Thränenkarunkel und die Haut der Stirn, während die Empfindlichkeit der Schleimhaut der Naſe, der äußeren Haut der Augenlider, vorzüglich des oberen und zum Theil der der Naſe, ſo wie der Baſis der Schläfe und der Wange nur vermindert, nicht aber aufgehoben iſt. Die Gegend der Naſenflügel und der benachbarten Theile des Naſenrückens leidet auffallend an Mangel des Taſtſinnes. Am beſten ſieht man dieſes, wenn man die reagirenden und die ſtumpfen Theile der Geſichtshaut mittelſt einer Nadel abzuſtechen ſucht.

Die Paralyſe des Subcutaneus malae kann vorzugsweiſe nur die Haut über dem Jochbeine und in der unmittelbaren Nachbarſchaft der Stirn und der Wange unempfindlich machen. Jede Affection der R. R. dentales superiores im Ganzen muß nicht bloß die Oberkieferzähne mit ihrem Zahnfleiſche, ſondern auch die Highmorshöhle, die Schleimhaut der Naſe und des Gaumens, ſo wie den Thränennaſenkanal nebſt der Knochenſubſtanz des Oberkiefers treffen. Bei Lähmung dieſer Nerven läßt ſich auch eine geringe Abſtumpfung des Gefühls der Haut über dem Mundwinkel und an dem benachbarten Theile der Wange erwarten.

Der R. infraorbitalis bildet die häufigſte Veranlaſſung der Geſichtsſchmerzen, welche

---

[1]) a. a. O. S. 248. 49.

theils ſeinem peripheriſchen Verlaufe entſprechen, theils aber auch längs ſeiner Hauptäſte dahinſchießen. Seine Paralyſe raubt der Haut des unteren Augenlides, der Wange und der Naſe, ſo wie der des Randes des Naſenloches den größten Theil ihrer Empfindlichkeit und den beiden Flächen der Oberlippe ihre geſammte Senſibilität. Nicht ſelten werden beide Infraorbitalnerven von neuralgiſchen Schmerzen afficirt. Allein häufig erſcheint dann das Leiden an beiden Geſichtshälften ungleich oder der Anfall der Krankheit des einen Unteraugenhöhlennerven tritt zu einer anderen Zeit, als der des zweiten ein.

Die Lähmung des zweiten Aſtes des dreigetheilten Nerven im Ganzen veranlaßt nicht bloß die eben geſchilderten Paralyſenerſcheinungen des R. subcutaneus malae, der R. R. dentales und des R. infraorbitalis, ſondern hebt auch die Empfindlichkeit der Haut des harten Gaumens auf und ſetzt die der Schleimhaut der inneren Naſe, des weichen Gaumens, des oberſten Theiles des Pharynx und der Umgebung der Euſtachiſchen Trompete herab, ohne ſie gänzlich zu zerſtören. Das Zahnfleiſch lockert ſich auf und blutet leicht.

Nach der Verletzung des R. temporalis superficialis s. auricularis anterior verſchwindet die Senſibilität der Haut über dem Kiefergelenke und dem oberen Theile der Parotis, des äußeren Ohres und Gehörganges, ſo wie des Trommelfelles, vorzüglich aber die der Schläfe in hohem Grade, jedoch an keiner dieſer Stellen vollkommen. Nach der des R. lingualis hört die Empfindlichkeit der Zunge gänzlich, die der Schleimhaut des Bodens der Mundhöhle und der Mandeln theilweiſe auf, während die Reflexthätigkeiten der Unterzungen- und Unterkieferdrüſe an Pünktlichkeit verlieren. Der R. mandibularis endlich kann nicht nur heftige Schmerzen der Zähne und des Zahnfleiſches, ſondern auch der Knochenſubſtanz der Unterkinnlade veranlaſſen. Iſt ſeine Fortſetzung, der R. mentalis. außer Thätigkeit geſetzt, ſo werden beide Oberflächen der entſprechenden Hälfte der Unterlippe vollſtändig und mehr oder minder die Haut des Kinnes ſenſoriell gelähmt. Dieſer Nervenſtamm bildet durch ſeine Hyperäſtheſie die Veranlaſſung der Neuralgia mentalis.

In dem ganzen dritten Aſte des dreigetheilten Nerven ſummiren ſich die eben geſchilderten Senſibilitätserſcheinungen der Zweige deſſelben und der motoriſchen Beziehungen zu dem Temporalis, Masseter, Pterygoideus externus und internus, Mylohyoideus und Digastricus. Die Einwirkungen auf den Mylopharyngeus, Buccopharyngeus, Circumflexus palati, Tensor veli palatini und den Tensor tympani ſind noch nicht mit hinreichender Sicherheit ermittelt.

Die frühere Annahme, daß der dreigetheilte Nerv nicht bloß auf die ſenſiblen, ſondern auch auf die ſenſuellen Thätigkeiten der Sinneswerkzeuge direct einwirke (Magendie), hat ſich weder durch phyſiologiſche noch pathologiſche Thatſachen beſtätigt. Dieſe Behauptung baſirte ſich vorzüglich in Betreff des Geruchs auf die Verwechſelung der ſtechenden Perception des Ammoniaks mit wahrer Geruchsempfindung, während ſie für das Auge und das Ohr überhaupt keine ſicheren Thatſachen anzuführen hatte. Am meiſten wirkt ſie noch in den Anſichten vieler Schriftſteller über die Thätigkeit der wahren Geſchmacksnerven nach, indem manche Forſcher als ſolche den Glossopharyngeus und Trigeminus zugleich anſehen.

VI. Aeußerer Augenmuskelnerv (N. abducens). — Dieſer 1382
Stamm iſt höchſt wahrſcheinlich rein motoriſch. Wenigſtens erregt ſeine Durchſchneidung oder Reizung bei lebenden Kaninchen keine Spur von Schmerzensäußerungen. Er verbreitet ſich faſt ausſchließlich in den äußeren Augenmuskel, der in einzelnen Fällen noch einen Faden von dem Oculomotorius erhält, ſendet aber außerdem bei den Säugethieren zahlreiche Faſern in den Retractor bulbi. Seine überwiegende Thätigkeit kann daher bei dem Menſchen Schielen nach außen, ſeine Paralyſe, wie wir z. B. bei halbſeitig Gelähmten häufig ſehen, ein ſolches nach innen veranlaſſen. Daß diejenigen Faſern, welche in den R. naso-ciliaris oder den R. ophthalmicus N. trigemini eintreten, zur Iris und dem Ciliarſyſteme gelangen, iſt nicht ganz unwahrſcheinlich. In ſehr ſeltenen Fällen bildet er geradezu einen Wurzeltheil des Augenknotens. Inwiefern ſich

übrigens hierbei erſt vorher eingetretene Faſern des ſympathiſchen Nerven betheiligen, wird ſich aus der Betrachtung des letzteren ergeben.

1383 VII. Antlitznerv (N. facialis). — Durchſchneidet man ihn bei Meerſchweinchen oder Kaninchen in der geöffneten Schädelhöhle, ſo entſteht nicht die geringſte Schmerzensäußerung, während die Thiere, ſobald man nur ihren dreigetheilten oder herumſchweifenden Nerv berührt, lebhaft aufſchreien. Dieſe Thatſache beweiſt, daß der N. facialis keine ſenſiblen Faſern führt, ſondern, wie die übrigen Folgen ſeiner Verletzung lehren, rein motoriſch iſt. Sein Urſprung aus einem größeren Haupttheile und der ſogenannten Portio intermedia Wrisbergii veranlaßte mehrere Forſcher, in ihm ſenſible und motoriſche Faſern, nach Analogie des dreigetheilten oder eines Rückenmarksnerven, anzunehmen. Allein man kann ſich bei friſch getödteten Säugethieren leicht überzeugen, daß beide Anfangspartһieen des Antlitznerven Zuckungen der Geſichtsmuskeln veranlaſſen.

1384 Entbehrt aber auch der N. facialis an ſeinem Urſprunge aller Empfindlichkeit, ſo iſt dieſes da, wo er am Geſichte frei hervortritt, unmittelbar nach ſeinem Durchgange durch das Foramen stylomastoideum nicht der Fall. Wie man ſich leicht bei Säugethieren überzeugen und auch in einzelnen Operationsfällen bei dem Menſchen beſtätigen kann, veranlaßt ſeine Durchſchneidung an dieſer Stelle nicht unbedeutende Schmerzen. Der Grund der Erſcheinung liegt in den Anaſtomoſen des Antlitznerven während ſeines Verlaufes durch den Fallopiſchen Kanal bis zu ſeinem Austritte unter und vor dem Ohre. Er nimmt nämlich hierbei durch die R. R. petrosi superficiales major und minor und vielleicht ſelbſt durch die chorda tympani ſenſible Fäden von dem dreigetheilten und durch die Verbindung mit dem R. auricularis N. vagi ſolche von dem herumſchweifenden Nerven auf. Wie es ſcheint, gehen die letzteren bald wieder von ſeinem Stamme ab. Denn er zeigt bei Kaninchen, denen man vorher den ganzen N. trigeminus durchſchnitten, wenig oder gar keine Senſibilität mehr.

1385 Die Vermiſchung mit ſenſiblen Faſern wiederholt ſich in noch höherem Maaße bei der Verbreitung der Antlitznerven am Kopfe und Halſe. Die größeren und kleineren Zweige deſſelben anaſtomoſiren nämlich auf das Innigſte mit den ſenſiblen Faſern des dreigetheilten Nerven und der übrigen empfindenden Stämme des Geſichtes, des Hinterhauptes und des Halſes, denen ſie in ihrem Verlaufe begegnen. Es entſteht auf dieſe Art eine Verbindung verſchiedenartiger Faſern, welche weder das Meſſer, noch das Mikroſkop entwirren kann. Allein phyſiologiſche Verſuche lehren, daß nach Durchſchneidung des Trigeminus nur die Empfindlichkeit der Geſichtshaut, nicht aber der Willenseinfluß auf die Antlitzmuskeln, nach der des Facialis dieſer und nicht jene verſchwindet. Der erſtere bildet daher den ſenſiblen, der letztere den motoriſchen und mimiſchen Nerven des Angeſichtes.

1386 So leicht ſich dieſe Thatſachen durch Verſuche an Thieren und Krankenbeobachtungen am Menſchen erhärten laſſen, ſo ſchwer wird ein ſicheres

Urtheil über diejenigen Aeſte des Facialis, welche von ihm in ſeinem Verlaufe bis zum Foramen stylomastoideum abgehen, zu fällen. Die verborgene Lage und die Anaſtomoſenverbindungen derſelben erſchweren jede ſichere Beſtimmung in hohem Maaße. Sein oberer und unterer Verbindungszweig mit dem Hörnerven hat wahrſcheinlich die Beſtimmung, beide Nerven möglichſt zu reinigen und Faſern des Acusticus, die mit dem Facialis austraten, jenem wiederzugeben, und umgekehrt. Ob bei dieſer Gelegenheit einige motoriſche Fäden zu dem weichen Labyrinthe gelangen, bleibt unentſchieden. Eben ſo läßt ſich nicht beſtimmt beurtheilen, ob das Zweigchen für das eirunde Loch die Contractilität der Membran oder der Blutgefäße derſelben oder beider Theile zugleich beherrſcht. Dagegen bildet wohl unzweifelhaft der R. stapedius den motoriſchen Nerven des Steigbügelmuskels.

Die mikroſkopiſche Unterſuchung der Abgangsſtelle des R. R. petrosi 1387
superficiales major und minor aus dem Knieknoten des Antlitznerven lehrt, daß hier nicht bloß Faſern des N. trigeminus eintreten, ſondern auch ſolche des Facialis hervorkommen und nach dem Ganglion sphenopalatinum und dem Ganglion oticum hin verlaufen. Die Beſtimmung dieſer bewegenden Faſern iſt ſehr ſchwer zu ermitteln. Zunächſt nämlich ließe ſich vorſtellen, daß der weiche Gaumen hierdurch zum Theil von dem Antlitznerven abhängig würde. Allein unter fünf Verſuchen, die ich in dieſer Beziehung an dem Pferde, dem Hunde, der Katze und dem Kaninchen unmittelbar nach dem Tode anſtellte, fielen vier negativ aus. Bei einem Hunde nur erzitterte der weiche Gaumen nach Reizung des R. petrosus superficialis major — ein Erfolg, der auch zufällig durch Bewegungen der tieferen Muskeln der Zunge veranlaßt werden konnte [1]. Zu dem gleichen Reſultate kamen auch andere neuere Forſcher, wie Volkmann [2], Debrou [3], Longet [4] und Hein [5]. Bedenkt man aber, daß dieſe motoriſchen Faſern jedenfalls ſparſam ſind und vor ihrer Endverbreitung durch Ganglien durchtreten, ſo dürften ſolche negativen Beobachtungen viel von ihrer Beſtimmtheit verlieren. Iſt der Antlitznerv des Menſchen in der Schädelhöhle gelähmt, ſo ſtellt ſich bisweilen der weiche Gaumen ſchief — ein Merkmal, das bei Paralyſe des Gänſefußes deſſelben in der Regel mangelt. Ob dieſe Erſcheinung nicht bloß durch einen directen Einfluß des Facialis auf den weichen Gaumen, ſondern auch durch ſeine Einwirkung auf den Digastricus und Stylohyoideus bedingt ſein könne, bleibt dahin geſtellt. Volkmann ſah auch Bewegungen deſſelben, welche durch die Zuckungen der genannten Muskeln veranlaßt waren.

Die genauere Verfolgung der Paukenſeite lehrt, daß der größte Theil 1388
ihrer Primitivfaſern von dem Facialis kommt und daher motoriſch iſt.

---

[1] De functionibus nervorum p. 33.

[2] Müller's Archiv. 1840. S. 487.

[3] Longet Anatomie et Physiologie du système nerveux. Tome II. 1842. 8. p. 451.

[4] Ebendaselbst p. 450. 51.

[5] Müller's Archiv. 1844. p. 316 fgg.

Sie ſtellt mithin einen gemiſchten Nerven dar, der ſeine empfindenden Faſern von dem dreigetheilten, ſeine bewegenden vom Antlitznerven empfängt. Abſtrahiren wir von den feinen Reiſern, welche zu dem ſogenannten äußeren Hammermuskel (§. 1199) gehen und in das Paukengeflecht treten, ſo läßt die fernere Endverbreitung ſchließen, daß die Chorda tympani die vorzüglichſte motoriſche Wurzel des Ganglion linguale bildet und die Bewegungen der Unterzungen- und Unterkieferdrüſe, ſo wie der Drüſen der benachbarten Mundſchleimhaut leitet. Nach den Verſuchen einzelner Forſcher (Panizza, Guarini)[1]) ſoll ſie jedoch auch Zuckungen des M. lingualis veranlaſſen, ſo daß mithin nicht der Hypoglossus der ausſchließliche bewegende Muskel der Zunge wäre.

Die motoriſchen Faſern des Facialis, welche in den R. auricularis N. vagi eintreten, können einerſeits in den tiefen Ohrennerven des erſteren zurückkehren, anderſeits dagegen zu dem äußeren Gehörgange verlaufen.

1389 Die übrige Verbreitung des Antlitznerven erſtreckt ſich auf ſämmtliche Muskeln des Geſichtes, des Ohres, die obere Parthie des Halshautmuskels, den zweibäuchigen Muskel, vorzüglich die hintere Abtheilung deſſelben, den Griffelzungenbeinmuskel, die drei Speicheldrüſen des Mundes und der Ausführungsgänge derſelben, ſo wie die Blutgefäße des Geſichtes und der Schläfe. Er anaſtomoſirt außerdem mit den N. N. trigeminus, glossopharyngeus, vagus, accessorius und wahrſcheinlich dem N. hypoglossus, ſo wie dem dritten und vierten Hals- und dem ſympathiſchen Nerven.

Specialiſiren wir ſeine Verbreitung bei dem Menſchen, ſo erhalten wir folgende Ueberſicht:

Aſt des Antlitznerven.	Verbreitung in Muskeln.	andere Organe.
R. R. communicantes cum N. acustico superior u. inferior.		Inneres Gehörorgan?
R. petrosus superficialis major.	Muskeln des weichen Gaumens?	A. vidiana.
R. petrosus superficialis minor.	(Tensor veli palatini, Tensor tympani??)	(Vorhof.)
R. petrosus superficialis tertius.		A. meningea media.
R. ad foramen ovale.		Membran des eirunden Loches.
R. stapedius.	M. stapedius.	
Chorda tympani.	(Tensor tympani?) Laxator tympani? M. lingualis?	Unterkiefer u. Unterzungendrüſe nebſt benachbarter Schleimhaut.

[1]) Sacchero in der italieniſchen Ueberſetzung von De functionibus nervorum. Parte I. Torini, 1843. 8. p. 127. 28. Vergl. Repertorium Bd. VIII. S. 320.

Aſt des Antlitznerven.	Verbreitung in Muskeln.	andere Organe.
R. communicans cum R. auriculari Vagi.	Verbindung mit dem R. auricularis profundus.	Aeußerer Gehörgang?
R. auricularis profundus.	M. occipitalis. Retrahens auris. (Einzelne kleinere Ohrmuskeln in Gemeinſchaft mit dem R. zygomaticus I.)	Ohrſpeicheldrüſe. Hinterhaupt u. Scheitelbein und deren Weichtheile. Aeußerer Gehörgang.
R. stylohyoideus.	M. stylohyoideus. M. platysmammyoides.	
R. digastricus.	Vorzüglich hinterer Bauch des Digastricus.	Carotis. V. jugularis interna.
R. R. parotidei posteriores.	(Occipitalis und Retrahens auris?)	Ohrſpeicheldrüſe.
R. zygomaticus I.	Adtrahens und Adtollens auris. (Major und minor helicis. Tragicus. Antitragicus. Dilatator conchae. Transversus auris.)	Sehnentheile und andere Weichgebilde der Schläfengegend.
R. zygomaticus II.	Frontalis. Corrugator supercilii. Orbicularis palpebrarum.	Desgl. u. Ohrſpeicheldrüſe.
R. zygomaticus III.	Frontalis. Orbicularis palpebrarum.	Ohrſpeicheldrüſe.
R. zygomaticus IV.	Orbicularis palpebrarum. Zygomaticus major et minor.	Desgl.
R. zygomaticus V.	Zygomaticus major et minor. Orbicularis palpebrarum.	A. auricularis inferior. Ohrſpeicheldrüſe.
R. palpebro-nasalis superior.	Zygomaticus major et minor. Orbicularis palpebrarum. Levator labii superioris alaeque nasi. Compressor narium. Frontalis.	Ohrſpeicheldrüſe. Ductus Stenonianus. V. facialis media.
R. palpebro-nasalis inferior.	Zygomaticus major et minor. Orbicularis palpebrarum. Levator labii superioris alaeque nasi. Levator anguli oris. Levator labii superioris proprius. Compressor nasi. Dilatator narium anterior und posterior. Depressor alae nasi. Orbicularis oris.	A. temporalis, transversa faciei. Ductus Stenonianus. V. facialis. V. palpebralis inferior.
R. bucco-labialis superior.	Buccinatorius. Zygomaticus major et minor. Depressor anguli oris. Orbicularis oris.	A. temporalis. Ohrſpeicheldrüſe. A. facialis.
R. bucco-labialis inferior.	Risorius Santorini. Masseter. Zygomatici. Depressor und Levator anguli oris. Orbicularis oris.	A. temporalis. A. u. V. facialis.
R. marginalis s. labio-mentalis.	Risorius Santorini. Platysmamyoides. Depressor anguli oris. Orbicularis oris. Quadratus menti. (Buccinator.)	A. temporalis. Ohrſpeicheldrüſe. Haut des Halſes? A. coronaria labii inferior.
R. subcutanei colli posteriores et superiores.	Platysmamyoides. (Depressor anguli oris. Quadratus menti. Orbicularis oris) (Digastricus maxillae inferioris.)	A. temporalis, maxillaris externa. Ohrſpeicheldrüſe. Haut bis zum Kehlkopf?

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß die einzelnen Anaſtomoſen- und Schlingenfäden bei dieſer Ueberſicht, welche nur die unmittelbar zu verfolgenden Zweige umfaßt, außer Acht gelaſſen werden mußten. Wir ſehen aber hieraus, daß der Antlitznerv nicht bloß alle Muskeln, welche für den Geſichtsausdruck von Wichtigkeit ſind, verſorgt, ſondern auch zugleich das Spiel der Außentheile der drei höheren Sinnesorgane, nämlich der Augenlider, der äußeren beweglichen Naſe und des äußeren Ohres leitet. Ueberdies dehnt ſich noch ſeine Wirkſamkeit, wie ſich mit Beſtimmtheit annehmen läßt, auf den Stapedius und ein-

zelne Beweger des Unterkiefers und des Zungenbeines, wie den Digastricus und den Stylohyoideus nebſt dem Halshautmuskel aus. Der vordere Bauch des Digastricus, der auch wahrſcheinlich geſondert wirken kann (§. 830), empfängt ſeine bewegenden Faſern vorzugsweiſe von dem Trigeminus, der hintere dagegen von dem Facialis.

Außerdem aber ſteht noch der Antlitznerv der Contractilität der Gänge der Mundſpeicheldrüſen vor. Inwiefern die Zweige deſſelben, welche in die Haut und zu den Blutgefäßſtämmen gehen, ähnliche Dienſte vermitteln, läßt ſich nicht durch directe Verſuche erhärten.

1390 Ein Menſch, deſſen einer Antlitznerv gelähmt iſt, vermag nicht mehr die Augenbraue oder die Stirn an der entſprechenden Seite zu runzeln und hier die Kopfhaut hin- und herzuſchieben. Alle dieſe krankhaften Erſcheinungen werden aber durch die Mittellinie der Stirn begrenzt. Konnte er früher das Ohr in irgend einer Richtung bewegen, ſo fehlt ihm gegenwärtig dieſe Fähigkeit. Er iſt im Stande, das obere Augenlid herabzuſenken und emporzuheben, nicht aber die Augendeckel zu ſchließen. Verſucht er dieſes, ſo geht nur der obere herab, der untere dagegen nicht hinauf. Zu gleicher Zeit rollt der Augapfel inſtinctmäßig nach oben. Es bleibt mithin hier, wie im Schlafe der untere Theil des Bulbus unbedeckt. Die Sehkraft des Auges, die Bewegungen deſſelben und die Verhältniſſe der Pupille erleiden keine Veränderung. Dagegen iſt bisweilen der Abfluß der Thränen wegen der Unthätigkeit des Orbicularis palpebrarum und des Hornerſchen Muskels geſtört. Das Auge ſchwimmt in Thränen, oder dieſe rollen ſogar von Zeit zu Zeit zu den Wangen hinab. Die Conjunctiva bietet in der Regel keine Blutüberfüllung dar. Sie kommt aber nicht ſelten ſecundär zu Stande, weil die unvollkommene Thätigkeit der Augendeckel den ſchädlichen Staub der Atmoſphäre nicht vollkommen abhält. Dieſer Uebelſtand kann dann eine wahre Entzündung und in Folge derſelben eine Trübung der Hornhaut veranlaſſen.

Eben ſo wenig vermag das Individuum die entſprechende Seitenhälfte der Naſe zu rümpfen oder emporzuziehen. Der Naſenflügel bleibt bei noch ſo tiefem Einathmen ruhig. Hält man ihm das geſunde Naſenloch und den Mund zu, ſo wird die Inſpiration nicht ſelten beſchwerlich, und Leute der Art können daher manches Mal, wenn ſie nicht auf der geſunden Seite liegen, ruhig ſchlafen.

Die Lähmung der einen Hälfte des Orbicularis oris, ſo wie des Levator labii superioris alaeque nasi, des Levator labii superioris proprius, des Levator anguli oris, der Zygomatici, des Depressor anguli oris und des Quadratus menti giebt den gleichen Muskeln der anderen Seitenhälfte des Geſichtes freien Spielraum. Der Mund, deſſen Ober- und Unterlippenhälfte ſchlaff herabhängen, wird daher nach der geſunden Seite hin verzogen und das Geſicht auf dieſe Weiſe verzerrt, wie es Fig. 216 darſtellt, ſo daß Kranke der Art dem Arzte ſchon auf der Straße kenntlich werden. Muß man bei einer Exſtirpation des Parotis oder einer Operation in der Nähe derſelben den Antlitznerven kurz nach ſeinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum durchſchneiden, ſo ſpringt nicht ſelten der Mund nach der geſunden Seite plötzlich hinüber und erhält ſich in ſeiner Verzerrung bis zur Wiedererzeugung des Nerven. Das

Fig. 216.

Gleiche ſehen wir bei vielen Anfällen von Apoplexie, während Geſchwülſte unter dem Ohre dieſe Veränderung auf allmäligere Weiſe bewirken.

Der verzerrte Mund kann nicht an der kranken Seite vollſtändig geſchloſſen werden, indem immer die ſchlaffen Lippen eine Spalte offen laſſen. Es wird daher dem Kranken bei der gleichzeitigen Laxität der Wange unmöglich zu ſaugen oder die Backe aufzublaſen. In dem letzteren Falle ſchlottert die Wange, wie ein ſchlaffes Segel, während die Luft zur halben Mundſpalte herausgeht. Bei dem Trinken läuft zum Theil leicht die Flüſſigkeit zu dem kranken Mundwinkel aus. Thiere drücken die Kiefer bei dem Freſſen an den Boden des Futterbehälters, um die gelähmten Lippen theilweiſe zu erſetzen.

Das ganze Geſicht der Perſon hat an der gelähmten Seite einen todten Ausdruck. Sie nimmt auch nicht an den mimiſchen Veränderungen der geſunden Parthie Theil. Der Menſch lacht und weint daher nur mit der einen Hälfte ſeines Antlitzes und hat zwei ſehr verſchiedene Seitenprofile ſeines Kopfes. Ueberdies iſt er außer Stande, die Haut neben und unter dem Unterkiefer gehörig anzuſpannen.

Weder das Kauen, noch die Senſibilität irgend eines Theiles des Kopfes iſt bei reiner Faciallähmung an ſeinem Urſprunge, geſtört. Eben ſo wenig hat dann der Kranke irgend einen Schmerz. Erfolgte dagegen die Paralyſe durch Affection des Antlitznerven bei ſeinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum, ſo iſt eine gewiſſe ſenſible Reaction des hier gemiſchten Nerven nicht ſelten merklich.

Bei vielen Patienten der Art ſteht der weiche Gaumen normal, bei anderen dagegen ſchief. Bisweilen ſcheint auch eine Verminderung der Speichelabſonderung im Munde Statt zu finden [1]). Dabei ſind dann die Unterzungen- und die Unterkieferdrüſe und ſelbſt die Parotis angeſchwollen und geben bei dem Drucke Flüſſigkeit von ſich. Die Empfindung der Zunge, ſo wie das Geſchmacksvermögen bieten keine Störung dar.

Die idiopathiſchen Convulſionen der Geſichtsmuskeln einer Seite [2]) entſtehen natürlich ebenfalls durch den Facialis. Der Kranke zeigt keine Verzerrung ſeines Antlitzes, ſondern leidet nur an einem von Zeit zu Zeit wiederkehrenden Zittern aller oder einzelner Muskeln der einen Hälfte des Geſichtes, während die der anderen ruhen. Seine Phyſiognomie verändert ſich ſo, als wenn er nur auf der rechten oder linken Seite lachen wollte. Hypochondriſten, Hyſteriſche, Onaniſten u. dgl. leiden nicht ſelten an rein örtli-

---

[1]) Fr. Arnold Bemerkungen über den Bau des Hirns und des Rückenmarks. Zürich, 1838. 8. S 211.

[2]) Siehe V. Francois Essai sur les convulsions idiopathiques de la face. Bruxelles, 1843. 8. p. 5 fgg.

chen Zuckungen einzelner Geſichtsmuskeln oder ſelbſt nur iſolirter Bündel derſelben, wie z. B. des Orbicularis oculi, des Levator labii superioris alaeque nasi, des Levator anguli oris, des Risorius Santorini. Die §. 1389 mitgetheilte Tabelle giebt über die Zweige, welche bei allen ſolchen örtlichen Verhältniſſen afficirt ſind, näheren Aufſchluß. Iſt der Facialis unmittelbar bei ſeinem Durchgange durch das Foramen stylomastoideum angegriffen, ſo erſtrecken ſich auch die krankhaften Symptome auf den Platysmamyoideus den Stylohyoideus und den hinteren Bauch des Digastricus. Dieſe Muskeln bleiben aber geſund, wenn ſich die Krankheit nur auf die Zweige des Gänſefußes beſchränkt.

Eine gleichzeitige Lähmung der beiden Antlitznerven kommt ſelten vor. Es wiederholen ſich dann die eben geſchilderten Paralyſenerſcheinungen an beiden Seiten des Geſichtes; nur fehlt natürlich die Verzerrung des Mundes und der übrigen Theile des Antlitzes. Häufig dagegen ſind vorzüglich einzelne Parthieen der zwei Faciales bei Krämpfen, wie z. B. dem ſardoniſchen Lachen zugleich afficirt.

Erinnern wir uns der Thatſache, daß nur der N. trigeminus die Senſibilität, der N. facialis dagegen die Motilität des Antlitzes beherrſcht, ſo ergiebt ſich von ſelbſt, wie unzweckmäßig es war, wenn frühere Chirurgen bei heftigen Geſichtsneuralgien den Antlitznerven an ſeinem Austritte aus dem Griffelloche durchſchnitten. Der Kranke verliert durch eine ſolche Operation, welche gegenwärtig nicht mehr gerechtfertigt werden kann, ſeine Schmerzen nicht und erhält noch eine Lähmung der Muskeln des Geſichtes als Folge des unzweckmäßigen Eingriffes. Nur dann wäre eine Milderung des Leidens denkbar, wenn dieſes bloß durch Reflexion der motoriſchen Geſichtsnerven auf die ſenſiblen zu Stande käme.

1391 VIII. **Hörnerv** (N. acusticus). — Jede mechaniſche Affection, welche dieſen Nerven trifft, ruft bei Meerſchweinchen oder Kaninchen keine Spur von Schmerzensäußerung hervor. Eben ſo wenig erzittern die Muskeln des äußeren Ohres. Ob aber der Tensor tympani und der Stapedius in ähnlicher Weiſe, wie ſich die Iris nach Verletzung des Sehnerven zuſammenzieht, in Thätigkeit gerathen, iſt unbekannt.

Der rein ſenſuelle Hörnerv verbreitet ſich mit ſeinem vorderen Aſte in die Schnecke und das runde Säckchen des Vorhofes, verläuft dagegen mit ſeinem hinteren Hauptzweige zu dem elliptiſchen Säckchen, den übrigen Theilen des Veſtibulum und den Ampullen der halbcirkelförmigen Kanäle.

1392 IX. **Zungenſchlundkopfnerv** (N. glossopharyngeus). — Die verſchiedenen Schriftſteller haben dieſem Nerven alle möglichen, d. h. ſenſible, motoriſche und ſenſuelle Eigenſchaften zugeſchrieben und ſind überhaupt bei Verſuchen über dieſen Gegenſtand zu ſehr verſchiedenen Reſultaten gelangt. Der vorzüglichſte Grund der Widerſprüche liegt in der leichten Verwechſelung ſeiner Urſprungsfäden mit denen des herumſchweifenden Nerven, der Nachbarſchaft des ſo empfindlichen Seitentheiles des verlängerten Markes, den bald eingeleiteten Anaſtomoſen des Glossopharyngeus mit ſenſiblen Zweigen des Vagus und dem hohen Abgange von Aeſten an Theile, denen man früherhin kein Geſchmacksvermögen zutraute.

1393 Legt man den Stamm des Glossopharyngeus unmittelbar nach ſeinem Durchgange durch die Baſis des Schädels bei Hunden bloß, ſo ruft mechaniſche Reizung deſſelben entweder gar keine oder nur unbedeutende Schmerzensäußerungen hervor, während die Thiere jede Zerrung des benachbarten Vagusſtammes durch allgemeine Körperbewegungen oder ſelbſt Heulen auf der Stelle beantworten. Drückte man die Wurzel des Zungen-

ſchlundkopfnerven bei geöffnetem Schädel von Katzen oder Kaninchen mit der Pincette zuſammen, ſo gab ſich keine deutliche ſenſible Reaction zu erkennen. Wir können hieraus mit ſehr vieler Wahrſcheinlichkeit ſchließen, daß der Zungenſchlundkopfnerv keine empfindenden Faſern urſprünglich führt und die geringe Senſibilität, welche er unterhalb des Ganglion petrosum beſitzt, von den hier ſchon eingegangenen Verbindungen mit dem R. auricularis und einem anderen Faden des Vagus herrührt.

Eben ſo lehren ſowohl Verſuche an lebenden, vorzüglich an eben ge- 1394
tödteten Säugethieren, daß der größte Theil des Stammes des Glossopharyngeus keine motoriſchen Elemente führt. Dieſes ſoll jedoch nicht mit allen Wurzelbündeln der Nerven der Fall ſein. Volkmann[1]) ſah bei dem Kalbe und der Katze nach Reizung der kleineren Wurzel dieſes Nerven innerhalb der Schädelhöhle Zuckungen in dem Constrictor ſaucium medius und dem Stylopharyngeus. Dieſe Muskeln würden dann nach ihm von keinem weiteren Nerven mit bewegenden Faſern verſorgt werden. Ich muß jedoch bemerken, daß es mir bei mehr als 20 Verſuchen, die ich noch in neuerer Zeit an Kaninchen und Katzen anſtellte, nicht gelingen wollte, irgendwie Bewegungen durch Reizung der Wurzelgebilde der Zungenſchlundkopfnerven nach Exentration des verlängerten Markes zu beobachten. Debrou ſah einmal nach Galvaniſation des Schädeltheiles des Glossopharyngeus eines Hundes Bewegungen im Schlunde und im weichen Gaumen, konnte ſie aber ſonſt nur durch gemeinſame Affection des Zungenſchlundkopf-, des herumſchweifenden und des Beinerven hervorrufen, ſo daß dieſe Erfahrung keine ſicheren Belege darbietet. Reid und Longet[2]) vermochten keine Zuckungen zu erhalten.

Die wichtigſte Frage aber betrifft die ſenſuellen Eigenſchaften dieſes 1395
Nervenſtammes. Sie wurden zuerſt von Panizza[3]) am klarſten experimentell erläutert und dahin formulirt, daß der R. lingualis N. trigemini der ſenſible, der N. hypoglossus der motoriſche Nerv der Zunge ſei, der N. glossopharyngeus dagegen die Geſchmacksthätigkeit vermittele. Die nachfolgenden Beobachtungen von mir und Rapp beſtätigten dieſen Lehrſatz, während Joh. Müller, Gurlt und Kornfeld, ſo wie Alkok, Reid, Longet zu minder entſcheidenden Reſultaten gelangten und die Geſchmacksempfindung der gemeinſchaftlichen Thätigkeit des Glossopharyngeus und des Trigeminus zuſchreiben zu müſſen glauben[4]).

Trennt man bei einem Hunde die beiden R. R. linguales N. N. trigeminorum, ſo verliert die Zunge ihre Senſibilität gänzlich, kann aber noch in jeder Richtung nach dem Willen des Thieres bewegt werden. Sticht man ſie oder ſchneidet ſie an oder brennt ſie, ſo reagirt das Thier nicht im mindeſten darauf. Hat man dieſelbe Operation bei Kaninchen vorge-

---

[1]) Müller's Archiv. 1840. S. 489. 90. Vgl. Hein ebendaselbst 1844. S. 316 fgg.

[2]) Longet a. a. O. Tome II. p. 222.

[3]) B. Panizza Versuche über die Verrichtungen der Nerven, übersetzt von Schneemann u. bevorwortet von Eisenmann. Erlangen, 1836. 8. S. 27 fgg.

[4]) De functionibus nervorum p. 40. Longet a. a. O. p. 40.

nommen, ſo kann man die Zunge zwiſchen den Zähnen einklemmen, ſo daß ſie bei dem Kauen Verletzungen erleiden muß. Sie wird aber trotz ihrer ungehinderten Beweglichkeit nicht zurückgezogen, weil keine Schmerzensempfindungen mehr entſtehen. Der gänzliche Mangel an Gefühl hat auch zur Folge, daß ſich das Thier nicht ſelten bei dem Eſſen ohne Weiteres in ſeine Zunge beißt und Reſte der Speiſen auf ihr und in der Mundhöhle überhaupt liegen bleiben. Giebt man ihm ſehr bittere Subſtanzen, wie Coloquinten oder Chinin, ſo äußert es den heftigſten Widerwillen durch Schütteln des Kopfes oder ſogar durch Vomituritionen.

Sind beide N. N. hypoglossi bei dem Hunde oder dem Kaninchen durchſchnitten worden, ſo iſt die Zunge unbeweglich und fällt von ſelbſt bei Neiguug des Kopfes aus dem Munde vor, ohne daß das Thier im Stande wäre, ſie durch den Einfluß ſeines Willens zurückzuziehen. Der Hund verletzt ſie jedes Mal bei dem Kauen und heult deshalb, weil er den Schmerz empfindet, ihn aber bei der Lähmung der Zungenmuskeln zu vermeiden außer Stande iſt. Jeder Einſtich in die Zunge wird ſogleich wahrgenommen. Die Geſchmacksreactionen treten wie bei geſunden Thieren hervor, und nur die Motilität allein iſt in Folge der Zerſtörung des Zungenfleiſchnerven aufgehoben.

Dieſe Reſultate werden von allen neueren Forſchern ohne Unterſchied angenommen, während die weſentlichen Widerſprüche den N. glossopharyngeus betreffen. Iſt es nämlich gelungen, beide Zungenſchlundkopfnerven des Hundes unmittelbar nach ihrem Austritte aus dem Schädel zu trennen, ſo bietet die Zunge ihre vollſtändige Senſibilität und Motilität dar. Das Thier äußert aber gegen Coloquinten und Chinin keinen Widerwillen mehr. Dieſer zeigt ſich dagegen, ſo wie man auch nur den einen Glossopharyngeus etwas tiefer durchſchnitten hat, ſo daß z. B. ſein oberſter Schlundzweig unverletzt geblieben. Erinnern wir uns, daß nicht bloß die Zunge, ſondern auch die Tonſillen und ein großer Theil des Pharynx Geſchmacksempfindungen haben (§. 1260), ſo kann uns dieſes Reſultat nicht ferner befremden. Hierin liegt wahrſcheinlich die Haupturſache der Widerſprüche, welche unter den Forſchern Statt finden. Denn die hohe Durchſchneidung der beiden Glossopharyngei gehört zu den ſchwierigſten Operationen und iſt ohne die bald zu beſchreibenden Cautelen nicht ausführbar, während eine tiefere Trennung derſelben leicht möglich wird. Während ich in dem erſteren Falle ſehr ſprechende Ergebniſſe erhielt, zeigten Hunde, denen nur zufällig der eine Zungenſchlundkopfnerv etwas tiefer verletzt worden war, bei dem Hinabſchlucken, nicht aber bei bloßer Application auf der Zunge deutlichen Abſcheu vor einer concentrirten Coloquintenabkochung. Daß die Anwendung von ſauren oder geſalzenen Subſtanzen keine Entſcheidung in dieſer Frage liefern könne, erhellt aus dem in §. 1259 Angeführten von ſelbſt.

Perſonen, bei denen der N. trigeminus an einer Seite gelähmt und deren entſprechende Zungenhälfte daher unempfindlich iſt, haben ſehr beſtimmt einen intenſiv bittern Geſchmack, ſo wie man ihnen einige Körnchen eines Chininſalzes auf die afficirte Zungenſtelle, vorzüglich die Gegend

der Papillae vallatae der kranken Seite legt. Ein vollkommen reiner Fall von Paralyſe des Glossopharyngeus bei dem Menſchen iſt mir bis jetzt noch nicht bekannt geworden.

Um jene hohe Durchſchneidung des Glossopharyngeus vorzunehmen, dient bei Hunden folgende Methode. Iſt der Unterkiefer befeſtigt und der Mund geſchloſſen, ſo macht man einen Hautſchnitt, der ſich von dem unteren Ende des Kehlkopfes bis ½ Zoll vom Kinn erſtreckt, und einen zweiten von dieſer Stelle bis zu dem Unterkieferwinkel, präparirt den Platysmamyoides frei, durchſchneidet ihn an der Innenſeite des Depressor maxillae inferioris, ſchlägt die darunter liegenden Lymphdrüſen bei Seite und läßt dann die Ränder der Wunde von zwei Gehülfen anziehen. Nun geht man mit dem ſtumpfen Hefte eines Präparirmeſſers zwiſchen dem genannten Muskel und dem Zungenbeine in die Tiefe, trennt nur das Zellgewebe, nicht aber den Hypoglossus und die A. lingualis, auf welche man zunächſt ſtößt, und dringt ſo hoch nach oben als möglich vor. Man darf ſich bei dieſem Theile der Operation weder des Meſſers noch der Scheere bedienen, weil ſonſt leicht heftige Blutungen zu Stande kommen, während ſie bei der eben erwähnten Methode, obgleich man die Baſis des Schädels mit dem Finger deutlich fühlt, ausbleiben. Hierauf faßt man den N. glossopharyngeus mittelſt eines mit einer mittleren Rinne verſehenen Hakens, ſchiebt dieſen bis gegen die Schädelgrundfläche vor und durchſchneidet den Nerven auf der Furche des Inſtrumentes unmittelbar an der Grundfläche des Schädels, nicht aber an der Stelle ſeiner erſten Begegnung. Die Hunde geben häufig von dem Momente an, wo die Lymphdrüſen zurückgeſchlagen worden, kein Schmerzenszeichen von ſich.

Specialiſiren wir die Verbreitung des Zungenſchlundkopfnerven des 1396
Menſchen, ſo laſſen ſich in Betreff des R. tympanicus bloße Vermuthungen aufſtellen. Die Thätigkeit ſeiner Fäden, welche an das Carotidengeflecht, das runde und eirunde Loch gelangen, iſt uns gänzlich unbekannt. Die Reiſer dagegen, welche zur Umgebung der Oeffnung der Euſtachiſchen Trompete verlaufen, können ſchon möglicher Weiſe Geſchmacksempfindung vermitteln. Uebrigens treten auch fremde Primitivfaſern durch den Paukenzweig und die Verbindung mit dem Stamme und dem Ohraſte des Vagus in den Glossopharyngeus ein. Urſprünglich bewegende Elemente deſſelben können nach den §. 1395 angeführten Erfahrungen einzelner Forſcher in dem R. pharyngeus, dem R. circumflexus s. stylopharyngeus, dem R. communicans cum stylopharyngeo, ſo wie vielleicht den R. R. infratonsillares enthalten ſein. Allein dieſe Zweige dringen auch, wie ſich anatomiſch mit Beſtimmtheit verfolgen läßt, zu den ſchmeckenden Theilen der Schleimhaut durch, ſo daß ſie in jedem Falle eine große Menge ſenſueller Faſern führen. Solche ſind außerdem in größter Menge in den R. R. tonsillares, den R. R. radicis linguae und dem R. lingualis enthalten. Der letztere verbreitet ſich vorzugsweiſe in der Zungenwurzel und der Umgebung derſelben, reicht jedoch auch mit einigen Bündeln mittelſt ſeiner Verbindungen mit dem R. lingualis N. trigemini, durch den ſogenannten Plexus gustatorio-sensorius bis nach vorn zur Zungenſpitze.

X. Herumſchweifender Nerv (N. vagus). — Die anatomiſchen 1397
Verhältniſſe der Wurzeln des herumſchweifenden und des Beinerven führten zuerſt Scarpa und Arnold zu der Hypotheſe, daß beide zuſammen einem Rückenmarksnerven und zwar der erſtere einer ſenſiblen und der letztere einer motoriſchen Wurzel entſprechen. Als die Verſuche von Bi=

ſchoff [1]), die ſpäter von Longet und mir beſtätigt wurden, die rein motoriſchen Eigenſchaften des N. accessorius kennen lehrten, wurde jene Anſicht von Gädechens, Müller, Bendz, Longet und mir angenommen. Allein Joh. Müller fand ſchon bei einem lebenden Hunde, daß die Wurzelfäden des Vagus Zuckungen in Schlunde erregten. Eben ſo hatte ich auch dieſe bei Kaninchen (und Katzen) häufig beobachtet [2]), jedoch dem Accessorius zugeſchrieben. Volkmann [3]) bemerkte bei Kälbern, Schafen, Ziegen, Katzen und Hunden, daß ſich die M. m. levator palati mollis, Azygos uvulae (Ziege), Constrictor faucium supremus und infimus, der Arcus pharyngopalatinus, die M. M. crico-thyreoideus, crico-arytaenoideus posticus und lateralis (Katze und Kalb) und hyothyreoideus, ſo wie die Speiſeröhre bis zum Magen herab, nicht aber dieſer zuſammenzogen. Van Kempen und Schwann [4]) ſahen in dem gleichen Falle bei Hunden Contractionen in den Constrictores pharyngis, dem Pharyngostaphylinus, den Innentheilen des Kehlkopfes und der Speiſeröhre, dagegen nicht in dem Gaumenſegel mit Ausnahme des genannten Pharyngostaphylinus. Auch Stilling überzeugte ſich von den urſprünglich motoriſchen Eigenſchaften des herumſchweifenden Nerven. Longet [5]) hingegen konnte bei dem Pferde keine Zuckungen der Kehlkopfmuskeln nach Reizung der Wurzeln des Vagus, wohl aber nach der des Accessorius wahrnehmen.

1398 Die ſenſiblen Functionen des herumſchweifenden Nerven laſſen ſich leicht nachweiſen. Legt man ihn bei einem lebenden Kaninchen bloß und drückt oder zerſchneidet ſeine Wurzeln, ſo ſchreien die Thiere ſehr heftig und zwar nicht ſo intenſiv, wie bei der Trennung des N. trigeminus, jedoch ſtärker als bei dem Anſpruche eines jeden anderen Hirnnerven.

1399 Der N. vagus nimmt innerhalb ſeines Jugularknotens den vorderen Theil oder den ſogenannten vorderen Aſt des rein motoriſchen N. accessorius in ſich auf. Dieſe bewegenden Fäden vermiſchen ſich dann mit denen des Vagus und verlaufen in den mannichfachen Aeſten deſſelben. Wenn alſo im Folgenden von den Thätigkeiten der Zweige des herumſchweifenden Nerven die Rede iſt, ſo wird die Vermiſchung der Primitivfaſern der Wurzelfäden deſſelben mit denen des R. anterior N. accessorii gemeint.

1400 Der Ohraſt des Vagus ertheilt einerſeits, wie wir §. 1385 ſahen, ſenſible Faſern an den Antlitznerven und verſieht anderſeits den äußeren Gehörgang mit empfindenden Nervenelementen. Eben ſo vermitteln höchſt wahrſcheinlich die Schlundzweige deſſelben die Senſibilität der Schleimhaut des Pharynx, ſo wie die Motilität der Constrictores pharyngis oder des

[1]) L. W. Th. Bischoff Commentatio de N. accessorii anatomia et physiologia. Darmstadt, 1832. 4.

[2]) De functionibus nervorum p. 46. Anmerkung.

[3]) Müller's Archiv. 1840. S. 493.

[4]) Repertorium Bd. VIII. 8. 321.

[5]) F. A. Longet Récherches expérimentales sur les fonctions des nerfs, des muscles du larynx et sur l'influence du nerf accessoire de Willis sur la phonation. Paris, 1841. 8. p. 31.

Constrictor supremus und infimus. Reizt man ſie bei eben getödteten Hunden, ſo erfolgen ſehr energiſche Bewegungen des Schlundes. Diejenigen Zweige, welche die Carotis und die Vena jugularis interna verſorgen, haben wahrſcheinlich ebenfalls einen gemiſchten Charakter. Auf den Einfluß des Vagus auf die Regenbogenhaut des Auges werden wir bei dem ſympathiſchen Nerven zurückkommen.

Der Kehlkopf empfängt bekanntlich zwei Hauptäſte des N. vagus, 1401
nämlich den R. laryngeus superior, der hoch oben am Halſe entſteht, und den R. laryngeus inferior s. recurrens Vagi, der erſt am Anfange der Bruſthöhle rechts unter der A. subclavia und links unter dem Aortenbogen entſpringt und längs der Luftröhre emporſteigt, um zu dem Larynx zu gelangen. Beide Stämme ſind, wie man bei Kaninchen und Hunden ſehen kann, gemiſcht. Allein während ſich der obere Kehlkopfszweig als ein ſehr empfindlicher Nerv darſtellt, erſcheint der untere vorherrſchend motoriſch. Drückt man jenen zuſammen, ſo ſchreien die Hunde, während man bei dieſem in dem gleichen Falle vorzüglich bei Kaninchen entweder keine oder eine nur unbedeutende Reaction erhält. Nach der Trennung des oberen Aſtes wird die Schleimhaut des Kehlkopfes und zum Theil des Kehldeckels größtentheils unempfindlich. Die ſenſiblen Faſern des rücklaufenden Aſtes ſcheinen zur Schleimmembran der Luftröhre und zum Theil zu dem Larynx zu verlaufen. Durchſchneidet man beide Vagusſtämme über dem Urſprunge der N. N. laryngei, ſo wird das Innere des Kehlkopfes der Luftröhre ſehr unempfindlich. Mechaniſche oder chemiſche Reize erregen keinen Schmerz oder Huſten und zufällig in den Larynx oder die Trachea gelangte Körper werden nicht mehr ausgeworfen.

Die Angaben der Schriftſteller, welche ſich mit Unterſuchungen über 1402
den motoriſchen Einfluß des oberen Kehlkopfnerven ſpecieller beſchäftigt haben, ſtimmen nicht gänzlich mit einander überein. Nach Volkmann[1]) würde der Laryngeus superior den Constrictor faucium supremus und den Cricothyreoideus, ſo wie bei Hunden und Kälbern den Hyothyreoideus, nach Longet[1]) den Constrictor faucium infimus und den Cricothyreoideus verſorgen. Der letztere Forſcher ſchreibt dann dieſe motoriſchen Kräfte dem äußeren Aſte des R. laryngeus superior zu, während der innere rein ſenſibel iſt. Der R. laryngeus inferior dagegen beherrſcht nach ihm die Contractionen der übrigen Kehlkopfmuskeln, nämlich der M. M. Crycoarytaenoideus lateralis und posticus, Arytaenoideus transversus und Thyreoarytaenoideus. Seine Reizung bei friſch getödteten Pferden, Hunden oder Kaninchen hat heftige Erſchütterungen dieſer Muskelgebilde zur Folge. Die motoriſche Quelle des Reflector epiglottidis iſt noch nicht ſicher ermittelt.

Die Durchſchneidung beider R. R. laryngei superiores gefährdet nicht 1403
das Leben von Kaninchen oder Hunden. Die Thiere können ohne ſicht-

---

[1]) Müller's Archiv. 1840. S. 494.

[2]) a. a. O. Tome II. p. 273 und Recherches expérimentales sur les fonctions des nerfs, des muscles du larynx. Paris, 1841. 8. p. 9.

bare Reſpirationsbeſchwerde Monate lang erhalten werden. Die Stimme zigt entweder keine Veränderung oder wird nur etwas rauher. Longet leitet dieſe Verſchiedenheit davon her, daß in dem erſteren Falle einzig und allein die inneren, in dem letzteren zugleich die äußeren Aeſte der oberen Kehlkopfsnerven durchſchnitten worden. Der Einfluß auf die Stimmbildung entſtände hiernach nur durch die Lähmung des Cricothyreoideus. Man erlangt auch nach ihm daſſelbe Reſultat, wenn man nur die Fäden, welche ſich in ihn begeben, zerſtört.

1404 Anders verhält ſich dagegen die Trennung des Laryngei inferiores. Durchſchneidet man ſie ſelbſt und nicht die ganzen Vagusſtämme bei jungen oder mittelgroßen Kaninchen, ſo wird nicht nur die Stimme verändert, ſondern es ſtellt ſich auch bald Schleimraſſeln ein. Werden die Thiere zu heftigem Schreien, z. B. durch die Verletzung des Trigeminus veranlaßt, ſo bringen ſie oft äußerſt hohe und feine Töne hervor. Bisweilen geben ſie auch von Zeit zu Zeit von ſelbſt eigenthümliche feine Laute von ſich. In der Regel kommen nach und nach immer heftigere Athembeſchwerden (§. 1414) zum Vorſchein, bis endlich der Tod erfolgt. Dieſer tritt aber, wenn man dann die Laryngei superiores oder ſelbſt nur die R. R. cricothyreoidei durchſchneidet, noch früher ein. Die Stimmritze ſchließt ſich alsdann und die Thiere erſticken binnen Kurzem, ſobald man nicht eine künſtliche Luftröhrenfiſtel anlegt. Können ſie durch eine in ihre Trachea angebrachte Oeffnung Luft einziehen, ſo leben ſie ungeſtört fort. Junge Hunde führen zu den gleichen Reſultaten.

1405 Während aber Säugethiere zarteren Alters die lebensgefährlichſten Symptome nach der Verletzung der beiden Recurrentes darbieten, iſt dieſes bei alten Hunden oder Kaninchen nicht der Fall. Obwohl auch bei ihnen die gleichen Lähmungserſcheinungen der Kehlkopfmuskeln beobachtet werden, ſo überleben ſie doch die Operation Monate lang. Dieſer zuerſt von Legallois ausführlich nachgewieſene Unterſchied beruht auf den Entwickelungsverſchiedenheiten des Kehlkopfes; die verhältnißmäßig kleinere und weichere Glottis respiratoria jüngerer Thiere, die noch von zarteren und nachgiebigeren Theilen umringt wird, fällt durch den Druck der Einathmungsluft von ſelbſt zuſammen. Ihre Ränder ſchließen bisweilen ſo feſt, daß in die Luftröhre nach oben eingeſpritztes Waſſer nicht durchdringt (Longet). Können daher die gelähmten Cricoarytaenoidei postici die Stimmritze nicht mehr erweitern, ſo wird die Inſpiration gehindert und der Erſtickungstod tritt ein. Wenn ſich aber ſpäter die vorderen Fortſätze der Cartilagines arytaenoideae entwickeln, ſo bleibt ein Theil der Stimmritze auch nach Durchſchneidung der Recurrentes von ſelbſt offen. Die Thiere gehen daher nicht zu Grunde, ſondern werden nur außer Stand geſetzt, höhere Töne hervorzubringen und leiden an Athmungsbeſchwerden. Die Zahl ihrer Athemzüge vergrößert ſich alsdann, ſo daß ſie z. B. bei erwachſenen Kaninchen von 60 bis 70 auf 100 bis 108, bei dreimonatlichen Hunden von 22 bis 25 auf 48 und bei alten Thieren der Art von 18 bis 20 auf 30 bis 32 in der Minute ſteigt [1]). Dieſe Theorie erklärt jedoch nicht hin-

[1]) Longet a. a. O. Tome II. p. 286. 87.

reichend, weshalb junge Kaninchen nicht ſelten nach bloßer Lähmung der Cricothyreoidei in die größte Erſtickungsgefahr gerathen, da dann noch die Erweiterer der Stimmritze mit ihren vollkommenen motoriſchen Nerven verſehen bleiben.

Es ergiebt ſich von ſelbſt, daß die Durchſchneidung der Halsſtämme 1406
der beiden Vagi unterhalb des Abganges der Laryngei superiores die gleichen Folgen, wie die Trennung der Laryngei inferiores bedingen müſſe. Dieſes wird nicht nur durch die Erfahrung beſtätigt, ſondern Thiere mittleren Alters ſcheinen auch dann um ſo ſicherer dem Tode zu verfallen. Wenigſtens ſtarben mir alle mäßig großen Kaninchen, deren beide Vagi verletzt waren, während andere, bei denen die Recurrentes zerſtört worden, Wochen lang am Leben blieben. Ich kann aber nicht mit Beſtimmtheit entſcheiden, ob dieſes durch Entwickelungsdifferenzen des Kehlkopfes oder andere Verhältniſſe bedingt wurde.

Schon Galen wußte, daß die Lähmung der Recurrentes auch bei dem Menſchen Stimmloſigkeit erzeugt. Aneurysmen des Aortenbogens, Geſchwülſte, entartete Drüſen können zu ſolchen Störungen Veranlaſſung geben. Daß ſich auch hier Erſtickungsgefahr zu vollſtändigen Paralyſen der genannten Nerven geſellen müſſe, läßt ſich mit Recht annehmen.

Die von Magendie aufgeſtellte Hypotheſe, daß die oberen Kehlkopfnerven die Verengerer, die unteren dagegen die Erweiterer der Stimmritze beherrſchen, wurde ſchon früher von verſchiedenen Forſchern durch anatomiſche und phyſiologiſche Unterſuchungen in Abrede geſtellt [1]). Sie widerlegt ſich einfach dadurch, daß ſowohl die Arytaenoidei transversi und obliqui, als die Cricoarytaenoidei postici von dem R. recurrens verſehen werden.

Die übrigen Zweige des herumſchweifenden Nerven verſorgen die 1407
großen Gefäße am Halſe, die mannichfachen Eingeweide der Bruſthöhle und den Magen und nehmen überdies an den Lebergeflechten des ſympathiſchen Nerven Theil. Der R. ad divisionem Carotidis und die R. R. anteriores und posteriores et interni begeben ſich zunächſt zu der gemeinſchaftlichen Carotis, ihrer Theilungsſtelle und den aus ihr hervorgehenden Aeſten, die in einzelnen menſchlichen Leichen vollkommen geſonderten drei R. R. cardiaci zu dem Herzen nebſt den großen Gefäßen in der Nähe deſſelben, die R. R. descendentes major und minor, ſo wie die R. R. cardiaci profundi superiores und inferiores zu den genannten Theilen der Luftröhre und den Lungen, dem Ueberreſte der Thymus, den benachbarten lymphatiſchen Drüſen und der Speiſeröhre. Die Plexus tracheales, pulmonales anteriores und posteriores und oesophagei verbreiten ſich in die verſchiedenen erwähnten Bruſteingeweide und die R. R. gastrici in den Magen, während noch zuletzt Endfäden des herumſchweifenden Nerven in den Plexus solaris, die Plexus hepatici und andere benachbarte Unterleibsgeflechte eingehen. Der gemiſchte Einfluß, welchen die Vagi auf den größten Theil der genannten Hauptorgane ausüben, läßt ſich durch phyſiologiſche Verſuche mit Beſtimmtheit nachweiſen.

Hat man irgend ein Säugethier, z. B. ein Pferd, einen Hund, ein 1408
Schaf oder Kaninchen ohne Verletzung der Herzgeflechte und zwar am be-

[1]) De functionibus nervorum p. 49.

ſten durch Erſtickung mittelſt einer um die Luftröhre allein geſchlungenen Ligatur getödtet, legt den Vagus am Halſe bloß und wartet, bis das Herz zu pulſiren aufhört, ſo erſcheinen bisweilen die Schläge deſſelben wieder, ſo wie man das peripheriſche Stück des unterdeß durchſchnittenen herumſchweifenden Nerven mit der Pincette drückt oder mit Salpeterſäure betupft. Da ſich hier nicht ſelten die Zuſammenziehungen noch längere Zeit nach dem Anſpruche des Nerven wiederholen und daher der Verdacht eines zufälligen Zuſammentreffens des Augenblickes der Reizung mit dem Momente der Erneuerung der Herzcontractionen entſtehen könnte, ſo iſt ein durch den gleichen Verſuch in manchen Fällen zum Vorſchein kommendes ſcheinbar unvollſtändiges Reſultat noch belehrender. Man bemerkt nämlich alsdann keine Zuſammenziehung der Ventrikel oder der Kammern in ihrer ganzen Ausdehnung, ſondern die oberflächlichen Muskelfaſern der letzteren zucken an einzelnen Stellen im Momente des Anſpruches des Vagus, während einen Augenblick darauf vollkommene Ruhe eintritt. Verſuche an lebenden Thieren bekräftigen ebenfalls dieſe Einwirkung auf das Herz. Legt man z. B. bei einem Kaninchen die Carotis und den Vagus bloß, durchſchneidet den letzteren und drückt ſeinen peripheriſchen Theil zuſammen, ſo klopft zuweilen die Arterie auf eine auffallende Weiſe ſtärker. Läßt man das Thier, z. B. einen Hund, der auf die gleiche Art operirt worden, am Leben, ſo wird der Herzſchlag ſchneller und, wie es ſcheint, ſchwächer, unregelmäßiger und zitternder. Die Zahl der Pulſationen ſteigt z. B. bei Hunden von 70 bis 80 auf 150 [1]) und erhält ſich wenigſtens mehrere Tage auf einer bedeutenderen Höhe als gewöhnlich. Sie ſtehen aber keineswegs ſelbſt nach Verletzung beider Vagi, wie ältere Forſcher annahmen, als directe Wirkung der Operation ſtill.

Daß auch die Veräſtelungen des herumſchweifenden Nerven an der Vermittlung der Senſibilität der Innenfläche des Herzens Theil nehmen, iſt zwar theoretiſch ſehr wahrſcheinlich, läßt ſich jedoch nicht durch definitive Verſuche erhärten.

1409 Die Luftröhre und die Lungen erhalten ebenfalls gemiſchte Zweige von dem genannten Nerven. Hat man ihn beiderſeits hoch oben am Halſe durchſchnitten, ſo kann man die Trachea der Länge nach aufſchneiden und ihre Schleimhaut nicht bloß mechaniſch oder chemiſch durch Waſſer, ſondern auch durch ätzende Säuren reizen, ohne daß Huſten entſteht. Legte ich dieſe Gebilde bei einem eben getödteten Kaninchen bloß und beobachtete die Luftröhre und die Trachealringe an ihrer Hinterfläche, während ein Gehülfe den R. laryngeus inferior reizte, unter der Lupe, ſo rückten jene momentan an einander. Eben ſo bemerkte Longet [2]) ſchon mit freiem Auge die Contractilitätserſcheinungen der Bronchien von Pferden und Ochſen, ſobald er die N. N. vagi mechaniſch oder chemiſch anſprach.

1410 Der motoriſche Einfluß des herumſchweifenden Nerven auf die Speiſeröhre läßt ſich leicht nachweiſen. Legt man den Bruſttheil des Oeſophagus bei einem eben getödteten Säugethiere bloß, ſo kann man durch Reizung der

---

[1]) **Longet** a. a. O. Tome II. p. 315. [2]) a. a. O. Tome II. p. 289.

Speiſeröhrengeflechte oder ſelbſt des Halstheiles oder der Wurzeln des Vagus energiſche von oben nach unten gehende Stoßbewegungen der Speiſeröhre hervorrufen. Da ſich nun Fäden des Plexus oesophagei bis zur Schleimhaut derſelben verfolgen laſſen, ſo läßt ſich ſchon hieraus entnehmen, daß ſie wenigſtens einen Theil ihrer ſenſiblen Primitivfaſern aus dieſer Quelle bezieht. Indirect erhellt das Gleiche aus einem Verſuche von Longet[1]). Enthauptet man ein Säugethier dergeſtalt, daß die Eintrittsſtellen der Wurzeln der Vagi und Acceſſorii in das verlängerte Mark unverſehrt bleiben und reizt die Schleimhaut der Speiſeröhre mechaniſch, ſo entſtehen Reflexbewegungen derſelben. Sie fehlen aber nach der Durchſchneidung der beiden herumſchweifenden Nerven am Halſe. Es bleibt jedoch dahin geſtellt, ob dieſes immer der Fall iſt, da die noch unverſehrt vorhandenen Sympathicusfaſern die Reflexbewegungen des Oeſophagus zu vermitteln im Stande wären.

Die Einwirkung von Reizen auf den Halstheil des herumſchweifenden 1411 Nerven kurz vorher getödteter Kaninchen, Pferde, Hunde und Katzen ruft ſehr oft die deutlichſten Bewegungen des Magens hervor. Er zieht ſich entweder im Ganzen zuſammen oder ſchnürt ſich an einer Stelle ſeines mittleren Theiles durch eine von ſeiner kleinen zur großen Curvatur verlaufende Furche ein oder zeigt Bewegungen, die allmälig von der Cardia nach dem Pförtner fortſchreiten. Alle dieſe Wirkungen kommen oft erſt, dem Charakter der einfachen Muskelfaſern des Magens entſprechend, einige Secunden nach der Affection des Nerven zu Stande. Longet[2]) behauptet, daß dieſe Erſcheinung nur eintrete, wenn der Magen voll, nicht aber wenn er leer iſt. Hiergegen kann ich jedoch anführen, daß ich z. B. energiſche Magenbewegungen zu wiederholten Malen bei einer Katze beobachtete, die mehrere Tage gehungert hatte und deren Magen nichts als einige zuſammengeballte Haare enthielt. Daß er auch ſenſible Faſern vom Vagus empfange, wird ſich aus den bald zu erwähnenden Wirkungen der Lähmung des Nerven auf lebende Geſchöpfe ergeben.

Weder die Gallenblaſe, noch die Gallengänge oder der Ductus chole- 1412 dochus zeigten bis jetzt Spuren von Zuſammenziehung, ſobald die Halstheile oder die Magenzweige der Vagi in Thätigkeit geſetzt wurden. Eben ſo wenig wirken dieſe Nerven auf die periſtaltiſche Bewegung der dünnen Gedärme der Säugethiere.

Die Durchſchneidung des Halsſtammes des herumſchweifenden Nerven 1413 iſt eine ſo leichte und einflußreiche Operation, daß es uns nicht wundern darf, wenn ſie ſchon ſeit den älteſten Zeiten der experimentellen Phyſiologie ausgeübt worden. Sticht oder drückt man den bloßgelegten Vagus, ſo geben viele der gebrauchten Thiere deutliche Schmerzenszeichen von ſich. Bei dem Pferde wurde auch in dieſem Falle Huſten beobachtet (Romberg). Manche dagegen reagiren gar nicht, obgleich ihr Vagus unzweifelhaft viele ſenſible Nervenfaſern führt. Dieſes geſchieht vorzüglich, wenn ſie viel

---

[1]) a. a. O. Tome II. p. 317.
[2]) a. a. O. Tome II. p. 322. 23.

Blut verloren oder ſchon vorher längere Zeit Schmerzen ertragen haben oder ihr Vagus einige Zeit der Luft ausgeſetzt geweſen iſt.

1414 Die Trennung des einen Halsſtammes des Vagus hat keine tödtlichen Folgen. Iſt der Nerv z. B. bei Hunden hoch oben durchſchnitten worden, ſo verkleinert ſich die Pupille des Auges der entſprechenden Seitenhälfte und verharrt in dieſem Zuſtande, ſobald keine Wiedererzeugung des Nerven eingetreten, Jahre lang. Vorzüglich junge Thiere leiden an Reſpirationsbeſchwerden, keuchendem oder pfeifendem Athem, Schleimraſſeln und Beſchleunigung der Athemzüge, die bisweilen beſonders tief ausfallen. Junge Hunde nehmen ſo viel Milch, daß ihre Oberbauchgegend auf eine ſogleich in die Augen fallende Weiſe angeſchwollen erſcheint. Nicht ſelten bildet daher Diarrhö einen Begleiter dieſes Krankheitszuſtandes. Die Ueberfüllung des Magens, die Beſchwerden der Reſpiration, vorzüglich die tiefen Einathmungen und manche andere, ſpäter zu erwähnende Momente veranlaſſen häufig Erbrechen, durch welches die Milch zum Theil geronnen ausgeworfen wird. Werden die Thiere länger am Leben erhalten, ſo ſchwinden alle Beſchwerden mit Ausnahme der Verkleinerung des Sehloches. Die größere Gefräßigkeit verharrt noch am längſten. So verhielt ſich die Sache wenigſtens bei einem Hunde, den ich länger als drei Jahre nach der Operation leben ließ. Die beiden Stücke ſeines linken durchſchnittenen Vagus waren bedeutend von einander entfernt, zum Theil geſchwunden, mit den benachbarten Halsmuskeln verwachſen und liefen in dünne an dieſe angeheftete Fäden aus.

1415 Die Zerſtörung beider Halstheile der herumſchweifenden Nerven dagegen zieht immer bei Vögeln und Säugethieren den Tod nach einiger Zeit nach ſich. Schon unmittelbar nach der Operation zeigen ſich Athmungsbeſchwerden, welche bei jungen Kaninchen oder Hunden auf der Stelle eine ſolche Höhe erreichen können, daß nur die Tracheotomie ein baldiges Ende verhütet. Wird die Atmoſphäre von der Oeffnung der Luftröhre aus vollſtändig in die Lungen eingeſogen, ſo beſteht das Leben länger fort, zum Beweiſe, daß nur die §. 1402 geſchilderte Lähmung der Kehlkopfmuskeln und deren Wirkung, die Verſchließung der Stimmritze, die Erſtickung bedingt. Erwachſene Säugethiere leben höchſtens noch 1—2½, Vögel dagegen, wie Hühner oder Tauben etwas längere Zeit, doch kaum mehr als 4 Tage.

Während ſich die Athembeſchwerden des Thieres nach und nach vergrößern, wird es traurig und nicht ſelten apathiſch, ſo daß es ſtehen bleibt, wo man es hinſetzt, fortgeſtoßen nicht weiter geht und ſich überhaupt um dasjenige, was ſich in ſeiner Nähe ereignet, nicht kümmert. Tritt eine fieberhafte Reaction ein, ſo trinkt es mit vieler Begierde, ſo daß der Durſt nicht nur geſchwunden, ſondern, wie gewöhnlich, in Folge der febrilen Aufregung erhöht iſt. Anders dagegen ſcheint es ſich mit dem Hunger zu verhalten. In ſeiner Apathie ſucht es keine Nahrungsmittel, ſelbſt wenn man es Stunden lang hungern läßt. Setzt man ihm dagegen Speiſen vor, ſo daß ſie ihm in die Augen fallen, oder ſtopft ſie ihm in den Mund, ſo nimmt es dieſelben ohne Aufhören. Dieſe bei Hunden, Pfer-

den oder Kaninchen immer zweideutigen Zeichen erhalten erſt ihre definitiven Belege durch Krankheitsbeobachtungen am Menſchen [1]). Perſonen mit Verſtimmung oder Lähmung eines oder beider Vagi leiden an Appetitloſigkeit und Gefräßigkeit. Sie nehmen eine übergroße Menge von Speiſen zu ſich, weil nicht bloß ihr Hunger-, ſondern auch ihr Sättigungsgefühl geſtört iſt. Bei einzelnen Kranken der Art fehlte auch die Empfindung des Durſtes. Allein wenigſtens die an Hunden angeſtellten Beobachtungen ſcheinen nicht direct die Abhängigkeit derſelben vom Vagus zu unterſtützen.

Die Thiere biegen nicht ſelten den Kopf während des Verſchluckens der Speiſen auf eigenthümliche Weiſe — eine Erſcheinung, die unzweifelhaft von dem paralytiſchen Zuſtande der Speiſeröhre herrührt. Sie erbrechen ſich ſehr leicht von ſelbſt, nicht aber, wenn man die Schleimhaut ihres Pharynx kitzelt. Die Oxydation ihres Blutes vermindert ſich mit der Zunahme ihrer Athmungsbeſchwerden. Es iſt daher dunkler, als im Normalzuſtande, und Theile, durch welche zahlreiche Capillargefäße durchſcheinen, wie die Schleimhaut der Lippen oder des Einganges der Naſenhöhle der Säugethiere oder der Kamm der Hähne, nehmen eine violette bis dunkelblaue Färbung an. Das Thier verzehrt zugleich weniger Sauerſtoff und ſcheidet eine geringere Quantität von Kohlenſäure aus. Seine Eigenwärme ſinkt und erhöht ſich nur bisweilen, gleich der Athmung, unmittelbar vor dem Tode in geringem Grade. Es friert leicht und fühlt ſich kalt an. Nach und nach nimmt die Erſtickungsgefahr immer mehr zu; die Athemzüge folgen in größeren Zwiſchenräumen und ſind bisweilen bei Hunden von ſtarkem Schleimraſſeln begleitet. Es wird mit Mühe tief inſpirirt und lange unter Beihilfe der Bauchmuskeln ausgeathmet. Endlich ſtirbt das Thier ſuffocatoriſch unter Krämpfen oder plötzlich umfallend oder allmälig einſchlafend.

Bei der Section zeigt ſich die Schleimhaut des Kehlkopfes und der Stimmritze injicirt und mit reichlichem Schleim bedeckt. Oft enthält ſie geradezu heller oder dunkler rothe Extravaſate. Die Stimmritze iſt geſchloſſen oder bietet, wenn der Leichnam einige Zeit gelegen, keinen Unterſchied von den geſunden Verhältniſſen dar. Die Innenhaut der Bronchien zeigt an einzelnen Stellen ähnliche Verhältniſſe wie die der Luftröhre; die Lungen ſind häufig an einzelnen Stellen emphyſematiſch, oft mit blauſchwarzen Flecken oder Extravaſaten verſehen und geben bei dem Einſchneiden eine ſchaumigte helle oder dunkelrothe Blutmaſſe von ſich. Sie können jedoch auch, wie ich wenigſtens bei Kaninchen ſah, wenn ſich der Tod kurze Zeit nach der Operation einſtellte, vollkommen geſund erſcheinen. Das Blut iſt um ſo dunkler, je länger die Erſtickungsnoth angehalten. Sein Mangel an Gerinnbarkeit bildet wenigſtens kein beſtändiges Merkmal. Alle dieſe Thatſachen zeigen daher, daß der Einfluß der Unthätigkeit der Vagi nur indirect die Athmung aufhebt. Die Verſchließung der Stimmritze hindert die gehörige Strömung der Luft zu den

[1]) Mehrere Fälle finden ſich zuſammengeſtellt in Fr. Arnold Bemerkungen über den Bau des Hirns und des Rückenmarks. Zürich, 1838. 8. S. 124 fgg.

Reſpirationsorganen. Das Blut wird daher weniger erfriſcht und außer Stand geſetzt, die übrigen Organe zu beleben, bis endlich die hierdurch bedingte Lähmung der Centraltheile des Nervenſyſtemes dem Leben ein Ende macht. Jedoch werden weder das Athmungsbedürfniß noch der Mechanismus der Athemmuskeln durch die Durchſchneidung der herumſchweifenden Nerven aufgehoben. Sie erhalten ſich beide noch, wenn die Luftröhre ſelbſt zugeſchnürt oder ſogar die Lungen exſtirpirt ſind.

1416 Da die herumſchweifenden Nerven zahlreiche Zweige an den Magen ertheilen und, wie wir geſehen haben, einen weſentlichen Einfluß auf die Bewegungen dieſes Organes und das Hunger= und Sättigungsgefühl ausüben, ſo fragt es ſich, ob ſie auf die Magenverdauung einwirken oder nicht. Die neueren Unterſuchungen haben in dieſer Hinſicht nachgewieſen, daß eine Einwirkung allerdings Statt findet, daß ſie aber keine urſprünglich chemiſche iſt, ſondern eine Conſequenz der motoriſchen Lähmungserſcheinnngen darſtellt.

Iſt ein Kaninchen oder ein Hund in Folge der Durchſchneidung der beiden Vagi zu Grunde gegangen, ſo reagirt die Magenſchleimhaut, wenn das Organ mit Nahrungsmitteln gefüllt iſt, eben ſo ſauer wie ſonſt. Sie ſelbſt oder ihr wäſſriger Auszug eignet ſich vollkommen zu künſtlichen Verdauungsverſuchen und das Gleiche gilt von dem Kropfe der Vögel, die nach der Trennung der Vagi geſtorben ſind. Die Verdauungskraft iſt noch in dem Grade vorhanden, daß Eiweißwürfel aufgelöſt werden, wenn ſelbſt nur der gewöhnliche Sonnenſchein als Erwärmungsmittel dient. Hieraus ergiebt ſich, daß weder die ſaure Beſchaffenheit des Magenſaftes, noch die Kraft deſſelben geronnene Proteinkörper aufzulöſen, d. h. die weſentlichſten uns bis jetzt bekannten Eigenſchaften dieſes Abſonderungsproductes durch die Paralyſe der N. N. vagi eine Veränderung erleiden. Dieſer Schluß wird noch dadurch, daß bisweilen die operirten Hunde die Milch welche ſie genoſſen haben, zum Theil geronnen ausbrechen, bekräftigt.

Unterſucht man aber die Speiſemaſſen, welche im Magen der nach der Operation verſchiedenen Thiere vorgefunden worden, ſo zeigen ſie deutliche Zeichen von Abnormitäten und Verzögerungen des Verdauungsproceſſes. Das Futter der Kaninchen z. B. iſt zu einem den Magen ausfüllenden Ballen zuſammengehäuft, der nur an ſeiner Oberfläche von einer ſchleimigten zum Theil aufgelöſten Maſſe bekleidet wird. Das Innere dagegen iſt noch unverarbeitet. Dieſes Reſultat kehrt ſelbſt bei Thieren, die mehrere Stunden vor dem Tode Nichts zu ſich genommen haben, wieder. Zu gleicher Zeit ſtreift ſich das Epithelium der Magenſchleimhaut in einzelnen Lappen, die an und in der erweichten äußern Schicht des Magenſaftes liegen, los. Alle dieſe Eigenthümlichkeiten bilden aber offenbar nur die Folgen der Störung der Magenbewegungen, welche durch die Lähmung der Vagi eintritt. Sie vermindern ſich auch, wenn man die peripheriſchen Enden derſelben während des Lebens des Thieres anhaltend galvaniſch reizt. Die aufgelöſteren Maſſen werden dann durch die künſtlich hervorgerufenen Contractionen in den Zwölffingerdarm geſchoben, ſo daß die inneren Parthieen um ſo leichter der Einwirkung des Magenſaftes anheim=

fallen können. Ob nicht aber die Losſtoßung und Wiedererzeugung des Epithelium der Magenſchleimhaut durch die Unthätigkeit der Vagi abnorm gemacht werde, bleibt unentſchieden.

XI. **Beinerv** (N. accessorius). — Werden die Wurzeln deſſelben 1417
bei dem Hunde oder dem Bocke bloßgelegt und einzeln durchſchnitten oder losgeriſſen, ſo giebt das Thier keine Schmerzenszeichen von ſich (Biſchoff[1]), Longet)[2]). Wird man bei Kaninchen der Blutung Herr, ſo gelangt man auch hier zu demſelben Reſultate. Der Beinerv bildet hiernach urſprünglich keinen ſenſiblen Nerven, wird aber bald in ſeinem Verlaufe mit empfindenden Primitivfaſern verſehen. Dieſes kann ſchon durch ſeine Aufnahme der hinteren Wurzel des erſten Halsnerven zu Stande kommen. Es erfolgt aber immer durch ſeine gegenſeitigen Vereinigungen mit dem N. vagus.

Der Accessorius zerfällt bekanntlich, wie man annimmt, in einen 1418
vorderen und einen hinteren Aſt. Jener verläuft nicht als iſolirter Zweig, ſondern verbindet ſich ſogleich innerhalb des Jugularknotens mit den Primitivfaſern des herumſchweifenden Nerven und verbreitet ſich mit den Zweigen deſſelben peripheriſch. Ich ſowohl als Longet ſahen nach Reizung der Wurzeln des Accessorius Bewegungen in den Muskeln des Kehlkopfes, des Schlundes, der Speiſeröhre, des Herzens. Dagegen konnte Keiner von uns einen deutlichen Einfluß auf die Bewegungen des Magens beobachten. Volkmann beſtätigte den Einfluß auf das Herz, war aber eben ſo wenig wie Stilling und van Kempen im Stande, eine Einwirkung auf die Kehlkopfmuskeln wahrzunehmen. Abgeſehen aber davon, daß dieſe negativen Erfahrungen gegen die oben angeführten poſitiven Thatſachen nicht zeugen können, erhärten noch zwei andere Momente die Wirkung des Accessorius auf die Stimmverhältniſſe. 1) Laſſen ſich Faſern des vorderen Aſtes des Beinerven in den R. laryngeus superior und inferior anatomiſch verfolgen[3]) und 2) wird die Stimme lebender Hunde nach Biſchoff, Longet und Bernard um ſo rauher, eine je größere Zahl von Wurzeln ihrer Beinerven zerſtört worden. Nach Longet lähmt ſogar eine gänzliche Zerſchneidung derſelben die Muskeln der Stimmbänder vollſtändig eine theilweiſe hingegen unvollkommen[4]).

Der äußere Aſt des N. accessorius iſt nicht mehr rein motoriſch, ſo 1419
wie er frei peripheriſch verläuft. Denn ſeine Durchſchneidung erregt ſowohl bei Hunden als Kaninchen deutliche, wenn auch keineswegs ſehr große Schmerzensäußerungen. Unzweifelhaft hat er dann ſchon ſenſible Faſern, vorzüglich von dem N. vagus in ſich aufgenommen. Seine Reizung verurſacht bei friſch getödteten Thieren Zuckungen in beiden Theilen des Sternocleidomastoideus und dem Cucullaris s. Trapezius, nicht aber in anderen Muskeln.

---

[1]) Th. W. L. Bischoff N. accessorii anatomia et physiologia. Darmstad., 1832 4. p. 91.
[2]) a. a. O. Tome II. p. 358.
[3]) Vergl. H. C. B. Bendz Tractatus de connexu inter N. vagum et accessorium Willisii. Hauniae, 1836. 4. p. 20. 21.
[4]) a. a. O. Tome II. p. 263. 64.

Betrachten wir wiederum überſichtlich die Verbreitung des Vagus und Accessorius, ſo erhalten wir folgende Tabelle:

Hauptſtamm.	Zweige desſelben.	Verbreitungsbezirk		
		ſenſibler. Haut.	motoriſcher. Muskel.	In andere Organe.
N. vagus cum R. anteriori. N. accessorii.	R. auricularis.	Haut des äußeren Gehörganges.		Verbindung mit dem Zungenfleiſchnerven, dem Antlitznerven und dem hinteren tiefen Ohrnerven.
	R. pharyngei.	Schleimhaut des Schlundes und zum Theil des weichen Gaumens.	Schlundkopfſchnürer und einzelne Muskeln des weichen Gaumens.	Verbindung mit den Nerven des weichen Gaumens und dem Schlundgeflechte.
	R. R. carotici.			Carotis u. deren Veräſtelungen.
	R. laryngeus superior.	Schleimhaut des Kehlkopfes und zum Theil des Schlundes.	Cricothyreoideus. Ein Theil der Constrictores faucium. (Hyothyreoideus.)	
	R. ad divisionem carotidis, R. R. vasculares, R. R. descendentes.			Große Gefäße am Halſe und in der Bruſt. (Schilddrüſe.)
	R. R. cardiaci III. u. IV. R. R. cardiaci profundi.	Innenhaut des Herzens? Schleimhaut der Luftröhre, der Lungen und der Speiſeröhre.	Muskulatur des Herzens. (Contractile Faſern der Bronchien?)	Große Gefäße der Bruſthöhle.
	R. laryngeus inferior s. recurrens.	Schleimhaut des Kehlkopfes und der Luftröhre.	Arytaenoideus transversus u. obliquus. Cricoarytaenoideus lateralis und posticus. Thyreoarytaenoideus. Contractile Faſern der Luftröhre.	Verbindungen mit den Geflechten des Herzens, der Trachea, der Lungen, u. der Speiſeröhre. Zweige an die großen Gefäße.
	Plexus cardiaci, tracheales, pulmonales und oesophagei.	Schleimhaut der Lungen und der Speiſeröhre. (Innenhaut des Herzens.)	Muskulatur der Speiſeröhre und zum Theil des Magens.	Große Gefäße. Gebilde des vorderen u. hinteren Mittelfellraumes. (Herzbeutel.)
	R. R. gastrici	Schleimhaut des Magens.	Muskulatur des Magens (wie es ſcheint, ohne Antheil des Accessorius).	Gefäße am Magen. Verbindung mit dem Plexus solaris und hepaticus.
N. accessorius.	R. externus.	Haut am Halſe oder Nacken?	Beide Abtheilungen des Sternocleidomastoideus. Cucullaris s. Trapezius.	

1420 XII. Zungenfleiſchnerv (N. hypoglossus). — Er iſt urſprünglich, wie es ſcheint, rein motoriſch. Wenigſtens erregt das Ausreißen ſeiner Wurzelfaſern bei dem Hunde keinen merklichen Schmerz [1]), während

[1]) Longet a. a. O. Tome II. p. 483.

alle ſeine Urſprungsbündel bei friſch getödteten Säugethieren Bewegungen hervorrufen. Greift man ihn dagegen hoch oben am Halſe möglichſt nahe an ſeinem Austritte aus dem Foramen condyloideum anterius an, ſo beſitzt er ſchon eine ſehr deutliche Senſibilität, die er ſeiner Verbindung mit dem herumſchweifenden und den oberſten Halsnerven verdankt. Sie ſteigert ſich zum Theil, wenn man weiter am Halſe hinabgeht. Die einzelnen Zungenmuskeläſte dagegen ſind wenig oder gar nicht empfindlich.

Sein motoriſcher Einfluß läßt ſich am beſten an friſch getödteten 1421
Säugethieren ſtudiren. Man erhält dann bei verſchiedenen Verſuchen Zuckungen in den M. M. lingualis, genioglossus, (styloglossus), hyoglossus, geniohyoideus, hyothyreoideus, (omohyoideus), sternohyoideus und sternothyreoideus. Er leitet mithin die Bewegungen der Zunge und zu einem nicht unbedeutenden Theile die des Zungenbeines. Eine directe Einwirkung deſſelben auf das Zwerchfell konnte ich bis jetzt nicht mit Beſtimmtheit wahrnehmen. In einem Falle traten bei der Katze Zuckungen des Diaphragma ein. Jedoch machten die automatiſchen Bewegungen des letzteren (§. 671) dieſe Erfahrung zweifelhaft.

Der Hypoglossus nimmt, wie ſchon die anatomiſche Unterſuchung 1422
lehrt, einen großen Theil von Faſern der beiden erſten oder ſelbſt der folgenden Halsnerven in ſich auf. Eine Parthie derſelben geht in den R. descendens hypoglossi, welcher eben ſo gut einen Zweig von jenen als von dem Zungenfleiſchnerven, oder, richtiger geſagt, ein Anaſtomoſenproduct von beiderlei Nervengebilden darſtellt und verläuft zu dem Sterno hyoideus, Sternothyreoideus und Hyothyreoideus; die aufſteigenden Faſern dagegen bewegen einzelne Zungenmuskeln, wie den Lingualis, Geniohyoideus, Genioglossus und Hyoglossus [1]). Daß auch vielleicht hierbei ſenſible Faſern emporſteigen, läßt ſich theoretiſch annehmen.

Wir haben ſchon früher die Lähmungserſcheinungen der Zunge, welche 1423
eine Folge der Durchſchneidung der beiden Hypoglossi darſtellen, kennen gelernt (§. 1395). Dieſe Infirmität hindert nicht nur das Ergreifen und Zerkauen der Nahrungsmittel, ſondern auch die Uebergabe derſelben an den oberſten Theil des Pharynx, ſo daß z. B. bei Hunden auf die Zungenwurzel gelegte Speiſebiſſen Stunden lang in der Mundhöhle verweilen können, ohne in den Schlundkopf, der ſeine normale Thätigkeit beibehält, zu gelangen. Das Thier ſucht durch Bewegungen ſeines Kopfes nachzuhelfen, ohne jedoch ſein Ziel zu erreichen. Selbſt ſchon in den Pharynx eingedrungene Biſſen kommen nicht ſelten zurück, weil der Widerſtand der Zungenwurzel mangelt. Die Bewegungen des Kehlkopfes ſind nicht aufgehoben. Denn der Mylohyoideus, Stylohyoideus, ſo wie der Digastricus, die Stylopharyngei und die anderen Schlundmuskeln, welche mittelbar auf den Larynx wirken können, werden noch von dem Willen des Thieres beherrſcht.

Eine halbſeitige Lähmung des Hypoglossus findet ſich nicht ſelten bei Menſchen, die in Folge eines Schlaganfalles hemiplegiſch geworden ſind. Die Zungenſpitze iſt dann

---

[1]) **Volkmann** a. a. O. S. 507.

nach der geſunden Seite hingezogen. Die Zunge ſelbſt liegt ſchief im Munde, kann nur mit Mühe und zitternd bewegt und hervorgeſtreckt werden und macht die Sprache lallend und unverſtändlich. Streng genommen ſollte daher hier immer die Spitze derſelben nach der geſunden und nicht nach der gelähmten Seite des übrigen Körpers gewendet ſein. Allein häufig findet das Umgekehrte Statt. Die wahrſcheinlichen Urſachen dieſes eigenthümlichen Verhältniſſes werden uns bei den Kreuzungserſcheinungen des centralen Nervenſyſtemes klar werden.

1424 Der Zungenfleiſchnerv verſorgt noch außer den genannten Muskeln die Zungenſchlagader, die Carotis und deren unmittelbare Verzweigungen und die Unterkieferdrüſe, deren Gänge wahrſcheinlich einen Theil ihrer motoriſchen Nerven aus ihm ſchöpfen.

1425 Reſumiren wir uns aber die Geſammtverbreitung der 12 Hirnnerven, ſo ergiebt ſich, daß ſie ſich mit Ausnahme der N. N vagus und accessorius nur in die Gebilde des Halſes und des Kopfes verbreiten. Sie beherrſchen aber gerade die geiſtigſten ſenſiblen und motoriſchen Werkzeuge, nämlich die Thätigkeiten der vier höheren Sinne, den mimiſchen Ausdruck des Geſichtes, die Stimm- und Sprachorgane, die Gefühle des Hungers und der Sättigung und zum Theil die Thätigkeit des Herzens, der Athmungswerkzeuge, der Schluckapparate und des Magens.

Die nachfolgende Tabelle liefert uns über die Geſammtthätigkeiten derſelben eine überſichtliche Auskunft, bei welcher die Einwirkung auf die Gefäße und andere contractile Gebilde, um unnöthige Wiederholungen zu vermeiden, außer Acht gelaſſen worden.

Hirnnerv.	Hauptaſt desſelben.	Energie und Verbreitungsbezirk		
		ſenſueller.	ſenſibler.	motoriſcher.
I. N. olfactorius.		Geruch.		
II. N. opticus.		Geſicht.		
III. N. oculomotorius.	R. superior.		Unbekannt.	Levator palpebrae superioris. Rectus superior.
	R. inferior.		(Iris und andere innere Theile des Auges.)	Rectus internus, Rectus inferior, Obliquus inferior. (Rectus externus.) Iris und andere innere Theile des Auges.
IV. N. patheticus s. trochlearis.				Obliquus superior.
V. N. trigeminus.	R. ophthalmicus.		Iris u. andere innere Theile des Auges. Conjunctiva. Thränendrüſe. Thränenſack. Thränencarunkel. Schleimhaut der Stirnhöhle (der Siebbeinzellen) und der inneren Naſe. Aeußere Haut der Stirn und des vorderſten Theiles des Scheitels, der Augenbrauengegend bis zur	

Hirnerv.	Hauptaſt deſſelben.	Energie und Verbreitungsbezirk: ſenſueller.	ſenſibler.	motoriſcher.
			Baſis der Schläfe hin, des inneren und äußeren Augenwinkels, des oberen Augenlides, der Naſe, beſonders des Naſenflügels, und der Umgebung der Naſenlöcher.	
	R. maxillaris superior.		Schleimhaut des Keilbeinſinus, der Siebbeinzellen, der inneren Naſe, der Euſtachiſchen Trompete u. der Umgebung der Rachenmündung derſelben, des oberſten Theiles des Schlundes, der Mandel, des weichen Gaumens, der Gaumenbogen u. des Zäpfchens, der Haut des harten Gaumens, der Schleimhaut der Highmorshöhle. Knochenſubſtanz, Zähne und Zahnfleiſch des Oberkiefers. Aeußere Haut der Augenlider, vorzüglich des unteren, der Naſe, der Wange bis zur Stirn, der Schläfe und dem aufſteigenden Unterkieferaſte hin. Beide Flächen der Oberlippe.	
	R. maxillaris inferior.		Aeußere Haut der Schläfe, des Ohres, vorzüglich der Vorderfläche deſſelben, der Wange über der Parotis und des Kinnes. Außen- und Innenfläche der Unterlippe. Aeußerer Gehörgang. Trommelfell. Schleimhaut des Bodens der Mundhöhle und ſeitlich von der Zungenwurzel vor dem aufſteigenden Aſte des Unterkiefers. Schleimhaut der ganzen Zunge. Tonſille. Zähne u. Zahnfleiſch der Unterkinnlade.	Temporalis. Masseter. Pterygoideus externus und internus. Mylohyoideus. Digastricus maxillae inferioris, vorzüglich der vordere Bauch deſſelben. (Tensor tympani.) (Tensor veli palatini.) (Circumflexus palati.)
VI. N. abducens.				Rectus externus. (Geringer Antheil an dem Ciliarnervenſyſtem, ſehr ſelten Wurzel des Augenknotens.)
VII. N. facialis.				Occipitalis. Alle ſchon in der Tabelle von §. 1389 angegebenen Muskeln des Geſichtes und des äußeren Ohres. M. stylohyoideus. Digastricus maxillae inferioris, vor-

Hirnnerv.	Hauptaſt deſſelben.	Energie und Verbreitungsbezirk		
		ſenſueller.	ſenſibler.	motoriſcher.
				züglich hinterer Bauch deſſelb. Platysmamyoideus. Stapedius. (Tensor tympani?) (Laxator tympani.) (Tensor veli palatini?) (Antheil an der Bewegung der Zunge?)
VIII. N. acusticus		Gehör.		
IX. N. glossopharyngeus.		Geſchmack.		(Constrictor faucium medius und Stylopharyngeus.)
X. und XI. N. N. vagus und accessorius.	N. vagus cum R. anteriori N. accessorii.		Haut des äußeren Gehörganges. Schleimhaut des Schlundes, zum Theil des weichen Gaumens, des Kehlkopfes, der Luftröhre und der Lungen, zum Theil des Schlundes, der Speiseröhre und des Magens. Innenhaut des Herzens.	Schlundkopfſchnürer und einzelne Muskeln des weichen Gaumens. Sämmtliche Kehlkopfmuskeln. Contractile Faſern der Luftröhre. Muskulatur des Schlundes, der Speiſeröhre u. des Magens. Herz.
	R. externus. N. accessorii.		Hals- oder Nackenhaut.	Sternocleidomastoideus. Cucullaris.
XII. N. hypoglossus.				Lingualis. Genioglossus. (Styloglossus.) Hyoglossus. Geniohyoideus. (Omohyoideus.) Sternohyoideus. Sternothyreoideus. Hyothyreoideus.

1426 Sympathiſcher Nerv (N. sympathicus). — Der Sympathicus entſpringt bekanntlich an keiner einzelnen Stelle des centralen Nervenſyſtemes, ſondern ſteht mit allen Rückenmarknerven durch Wurzelfäden und mit ſämmtlichen Hirnnerven, den Olfactorius, Opticus und wahrſcheinlich den Acusticus ausgenommen, durch Anaſtomoſen in Verbindung. Die Radicularzweige treten in den Grenzſtrang und zwar entweder in die Knoten oder die Verbindungsſtränge derſelben ein, und erſt die beiden letzteren Gebilde entlaſſen die ferneren Veräſtelungen des ſympathiſchen Nerven.

1427 Jeder der Grenzſtränge beſitzt, ſo lange er in der Bruſt- und der Unterleibshöhle verläuft, den einzelnen Rückenmarksnerven entſprechende Knoten, die nur hin und wieder mit einander verſchmelzen. Das Gleiche findet im Grunde genommen am Halſe Statt. Nur greifen hier Entwickelungsverhältniſſe modificirend ein, ſo daß zuletzt der freie Halstheil des Sympathicus ein beſtändiges oberes, ein inconſtantes mittleres und ein zum Theil mit den oberſten Bruſtknoten verſchmolzenes unteres Ganglion darbietet. Dieſe Geneigtheit, Knoten zu bilden, wiederholt ſich nicht bloß an denjenigen Verlängerungen des Sympathicus, welche nach dem Kopfe emporſteigen, ſondern auch an den übrigen Haupt- und Nebenzweigen, die zu den verſchiedenſten Organen verlaufen. Wie ſich die

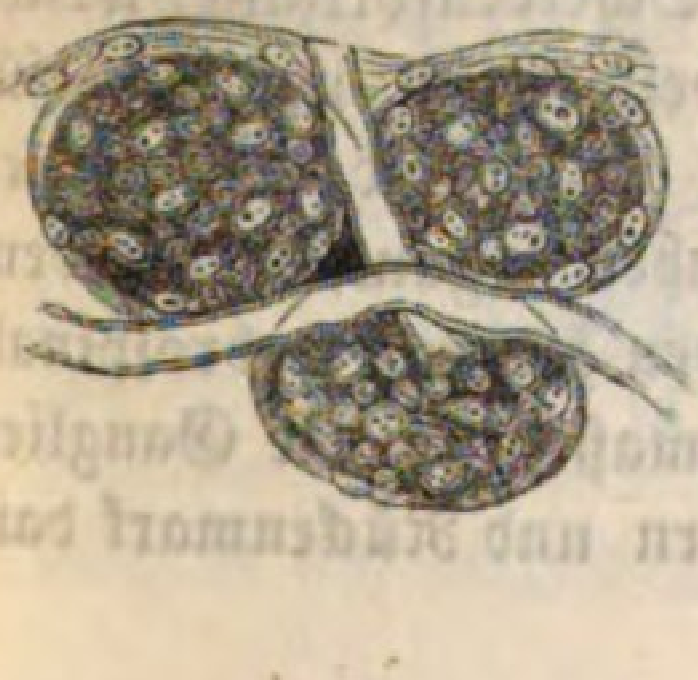
Körpernerven vorzugsweiſe durch einfache und ſeltener durch gangliöſe Ge-
flechte mit einander verbinden, ſo findet das Umgekehrte an den Ver-
breitungen des Sympathicus Statt. Dieſes Vorherrſchen der Ganglien
bildet, wie wir ſehen werden, ſeinen einzigen relativen Unterſchied von
den übrigen Körpernerven, mit denen er ſonſt übereinſtimmt.

Die Ganglienbildung beſteht aber nicht bloß darin, daß ein Nerv 1428
oder ein Nervengeflecht mit peripheriſchen Nervenkörpern belegt wird, ſon-
dern auch die ſämmtlichen oder wenigſtens ein Theil der aus dem Knoten
hervortretenden Zweige einen für das freie Auge ſcheinbar veränderten
Charakter annehmen. Sie beſitzen nicht mehr das blendend weiße Anſehen,
welches den einfach verlaufenden Hirn- oder Rückenmarksnerven zukommt,
ſondern ſind grau gefärbt, werden bei eintretender Fäulniß röthlich und
haben eine weichere Conſiſtenz, ſo daß man ſie daher auch mit dem Na-
men der *grauen* oder *weichen* Nerven bezeichnet. Da der Grenzſtrang
und die Zweige des Sympathicus möglichſt viele Knoten beſitzen, ſo ver-
ſteht ſich von ſelbſt, daß ihre Veräſtelungen faſt durchgehends grau aus-
fallen. Allein eben ſo gut treten auch weiche Nerven aus allen Ganglien
der Hirn- oder Rückenmarksnerven hervor. Die R. R. ciliares des Augen-
knotens, die R. R. petrosi superficiales des Knieknotens des Antlitznerven,
der R. tympanicus des Jugularknotens des Zungenſchlundkopf-, der R. auri-
cularis des herumſchweifenden Nerven u. dgl. liefern hierfür deutliche Be-
lege. Wir haben mithin hierin keinen beſonderen Charakter des Sympa-
thicus, ſondern eine allgemeine Eigenthümlichkeit der Ganglien, ſie mögen
an welchem Nerven ſie wollen vorkommen.

Das Mikroſkop giebt in dieſer Hinſicht noch genauere Aufſchlüſſe. 1429
Zerreißt man ein Ganglion des Menſchen oder eines Säugethieres und
unterſucht dann das Ganze unter ſtärkeren Vergrößerungen, ſo findet man
neben einzelnen vollſtändig iſolirten Nervenkörpern zugleich ſolche, welche
von einer eigenthümlichen Scheidenbildung umgeben werden. Fig. 217
zeigt uns eine ſolche Ganglienkugel mit ihrem Kerne und Kern-
körperchen, ſo wie die faſerige Scheide, welche ſie peripheriſch
umgiebt. Sie beſteht aus einer Menge concentriſcher Faſern
und aufliegender Kernbildungen. Die letzteren können zwar
häufig ſchon im friſchen Zuſtande deutlich erkannt werden,
kommen aber vorzüglich nach der Einwirkung von Pflanzen-
ſäuren, vorzüglich von Eſſigſäure, Weinſteinſäure oder Citronenſäure zum
Vorſchein. Daß dieſe Scheidenbildung die Ganglienkugel allſeitig um-
giebt, erhellt daraus, daß ſich nicht ſelten Nervenkörper in der Form
Fig. 218 darſtellen. Die Geſammtoberfläche der
Ganglienkugel iſt von der erwähnten Scheiden-
bildung eingekapſelt und mit den Kernen derſelben
bedeckt. Dieſe Hülle macht dann auch den Nucleus
und Nucleolus des Nervenkörpers unſichtbar.

Fig. 217.

Fig. 218.



Verfertigt man ſich mittelſt des Doppelmeſſers
einen ſehr feinen Durchſchnitt eines größeren Ner-
venknotens, z. B. des Ganglion cervicale supre-

Fig. 219.

mum N. sympathici des Kalbes und unterſucht denſelben mikroſkopiſch, ſo erhält man, wenn das Ganze gut gelungen iſt, die in Fig. 219 wiedergegebene Anſchauung. Die Ganglienkugeln a werden von ihren Hüllen c rings herum umgeben, während einzelne Nervenfaſern b neben und zwiſchen ihnen verlaufen. Jene Scheiden c dagegen ſetzen ſich noch weiter über die benachbarten Nervenzweige fort und bilden ſo Faſern d, die wiederum aus feinen mit Kernen belegten Fäden beſtehen und einzelne Nervenprimitivfaſern b zwiſchen ſich haben. Iſt das Präparat ganz friſch, ſo erſcheinen die Scheiden und ihre eben erwähnten Fortſätze grau; an älteren Stücken dagegen ſind ſie röthlich, in beiden Fällen aber weich und nachgiebig.

Deuten ſchon die eben erwähnten Thatſachen darauf hin, daß die graue und weiche Beſchaffenheit der aus einem Ganglion hervortretenden Nerven von dieſen Scheidenfortſätzen herrühre, ſo läßt eine weiter fortgeführte Unterſuchung keinen Zweifel über dieſe Anſicht übrig. Zerfaſern wir einen grauen Nerven, ſo ſehen wir an einzelnen Fragmenten nur ſolche Elemente, wie ſie die Scheidenfortſätze darſtellen, während andre außer ihnen b (Fig. 220) meiſt iſolirt verlaufende Primitivfaſern a darbieten. Nicht ſelten gelingt es, einen feinen Schnitt der Abgangsſtelle eines Aſtes aus dem Ganglion mittelſt des Doppelmeſſers zu erhalten. Man ſieht dann, wie ſich die Scheidenfortſätze d (Fig 221) in den Zweig hineinbegeben und dieſer zu gleicher Zeit die Nervenprimitivfaſern c, die durch das Ganglion gegangen, in ſich aufnimmt. Mit vielem Vortheile bedient man ſich zur deutlicheren Darſtellung der letzteren der Anwendung einer ſchwachen Auflöſung von kauſtiſchem Kali.

Fig. 220.

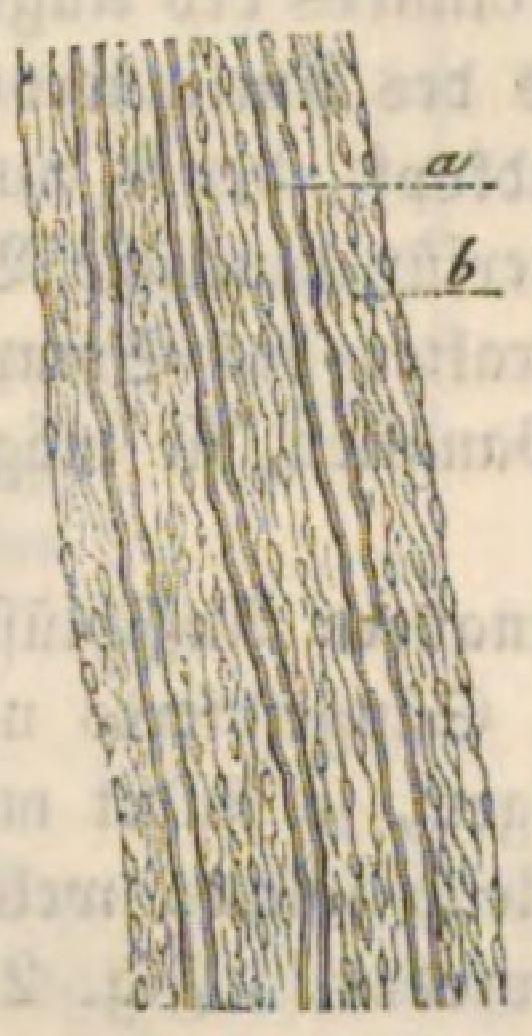
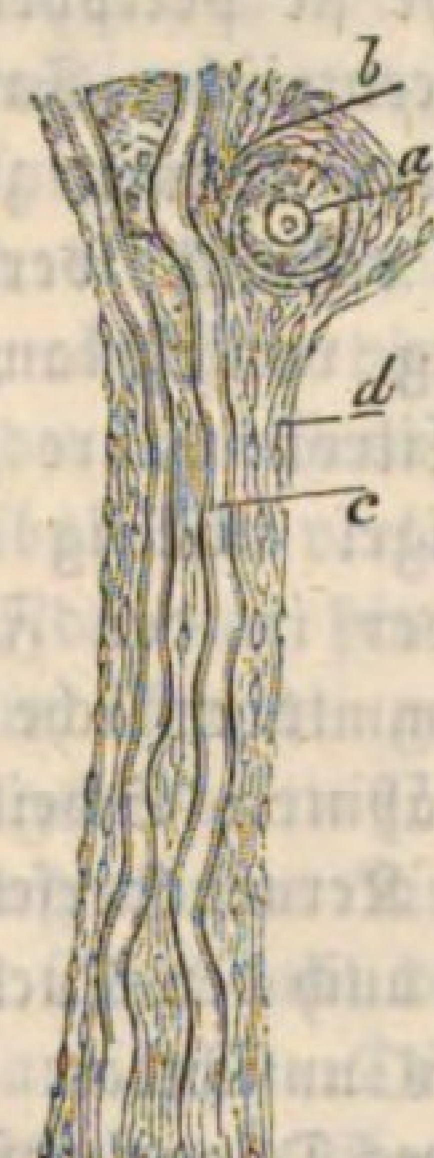


Fig. 221.



Liegt das Ganglion in der Nähe einer Faſerhaut, ſo gehen viele Scheidenfortſätze zu ihr hinüber, um ſich, wie es ſcheint, an ſie anzuheften. Man ſieht dieſes z. B. an dem Jugularknoten der Zungenſchlundkopfnerven ſehr deutlich. Das Gleiche findet auch wahrſcheinlich an vielen Gefäßſtämmen Statt.

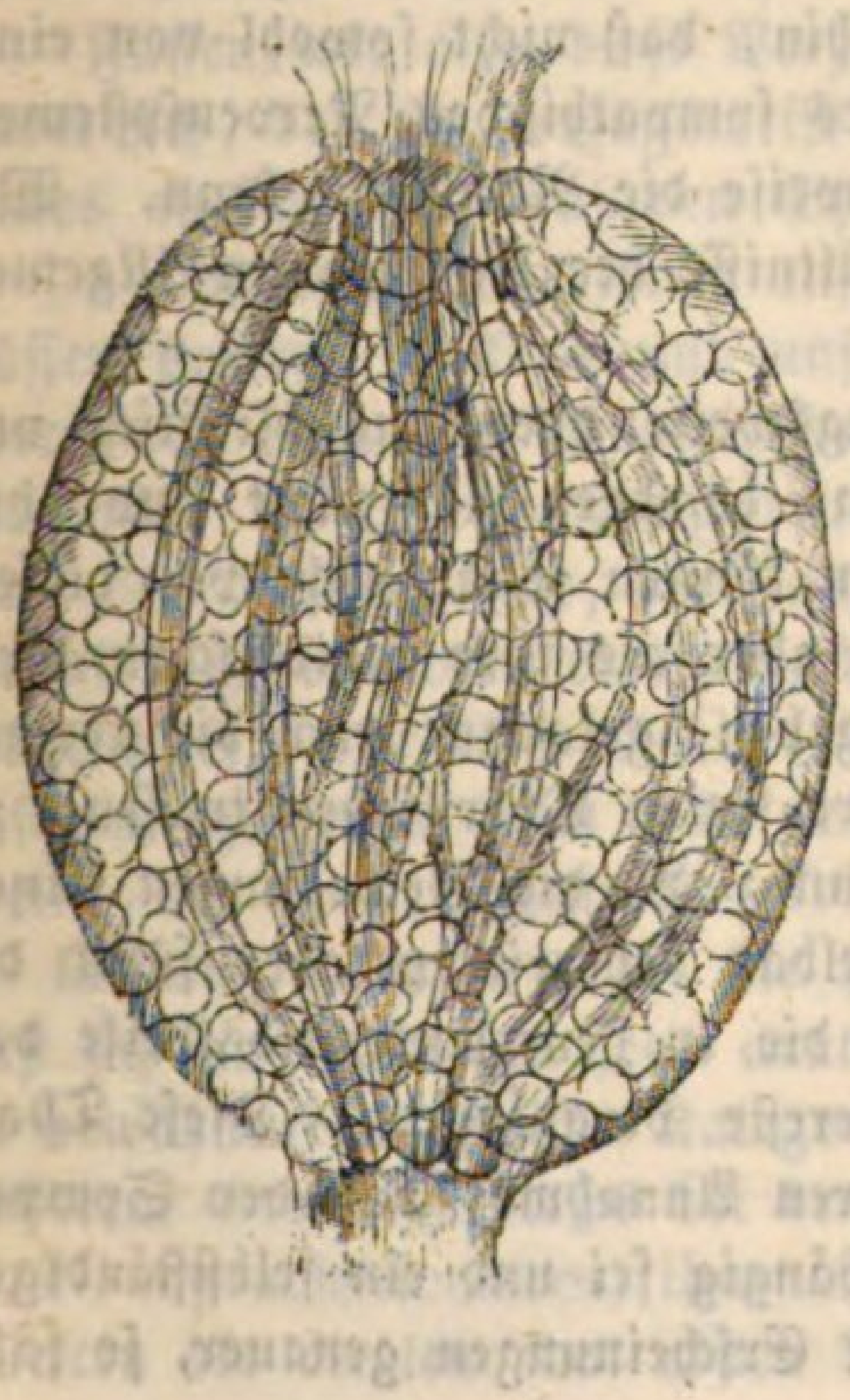
1430 Früherhin hielt man dieſe Scheidenfortſätze, welche zuerſt von Remak genauer beſchrieben worden, für eigenthümliche Nervengebilde, die aus den Ganglien entſpringen und nannte ſie daher organiſche Nervenfaſern. Sie ſollten ſich mit den ächten Cerebroſpinalfaſern vermiſchen und gewiſſermaßen für die Ganglien daſſelbe ſein, was jene für Hirn und Rückenmark dar-

ſtellen. Fortgeſetzte Unterſuchungen führten aber zu der jetzt allgemein angenommenen Ueberzeugung, daß dieſe Elemente keine Nervenfaſern, ſondern mit einem jungen Zellgewebe- oder Faſercylindergewebe iſomorphe Gebilde ſeien.

Da nun aber die Nervenfaſern, welche ein Ganglion durchſetzen, von 1431
den eben erörterten Scheidenfortſätzen bei ihrem Austritte begleitet werden, ſo ergiebt ſich von ſelbſt, daß die Summe der aus einem Nervenknoten abgehenden Zweige größer als die Geſammtheit der Wurzelfäden ſein müſſe. Denn wenn ſich auch bisweilen Scheidenfortſätze in dieſe hineinbegeben, ſo iſt doch ihre Menge nie ſo bedeutend als diejenige, welche den Austrittsäſten folgt.

Die Zahl der Scheidenfortſätze oder, wie man ſie auch nannte, der 1432
gelatinöſen oder Remak'ſchen Faſern, welche einen Nervenzweig begleiten, ſcheint von dem Baue des Ganglion weſentlich abzuhängen. Ein Theil der Nervenfaſern tritt nämlich immer durch einen Knoten bündelweiſe durch, während ſich andere Primitivfaſern einzeln oder zu wenigen an einander gelegt, zwiſchen den Ganglienkugeln hindurchwinden. Man belegt die erſteren mit dem Namen der durchgehenden, die letzteren mit dem der umſpinnenden Primitivfaſern. Findet nun eine reichliche Zerſplitterung der Nervenbündel innerhalb des Ganglion Statt, bilden dieſe zwiſchen den Nervenkörpern reichliche Geflechte und drängen ſie ſich zwiſchen allen Ganglienkugelnhaufen hindurch, ſo iſt auch die Menge der gelatinöſen Faſern größer. Die hervortretenden Zweige erſcheinen daher grauer und weicher. Wir haben z. B. dieſen Fall an den Zweigen des Knoten des ſympathiſchen Nerven, des Sonnengeflechtes, des Ganglion tympanicum glossopharyngei u. dgl. Tritt dagegen eine verhältnißmäßig beträchtliche Menge von Nervenfaſern durch ein Ganglion auf einfachere Weiſe durch, ſo erſcheint der unterhalb deſſelben hervorkommende Stamm weißer. Dieſes findet ſich z. B. an den Aeſten des dreigetheilten Nerven jenſeit des Gaſſer'ſchen Knotens, den Stämmen des Glossopharyngeus und Vagus unterhalb ihrer Jugularknoten, den unterſten Wurzeln des ſympathiſchen Nerven, vielen Nerven des Maſtdarmes und der Geſchlechtstheile u. dgl. Etwas Aehnliches zeigen, wie es ſcheint, die Knoten der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven. Sie beſitzen nämlich die in Fig. 222 aus dem vierten Halsnerven der Katze dargeſtellte Eigenthümlichkeit, daß ſich ihre Nervenfaſerbündel in ein centrales Geflecht auflöſen, in deſſen Maſchenräumen Ganglienkugeln liegen, während eine peripheriſche verhältnißmäßig dicke Umhül-

Fig. 222.



lungslage aus bloßen Nervenkörpern vorzugsweiſe beſteht. Die Zahl der gelatinöſen Faſern, die immer noch in bedeutender Menge vorhanden ſind, entſpricht hier nicht, ſo weit ſich die Sache beurtheilen läßt, der bedeutenden Menge der vorhandenen Nervenkörper. Die hinteren Wurzeln erſcheinen daher weißer und feſter. Noch mehr iſt dieſes natürlich bei den Rückenmarksſtämmen, welche überdies die vorderen nicht gangliöſen Wurzelbündel aufgenommen haben, der Fall.

Oft gehen aus einem Knoten graue Zweige ab, die ſich in einen weißen Nerven einſenken. Dieſe von Retzius und Joh. Müller beſchriebene Thatſache läßt ſich an den meiſten Hirnnerven leicht wahrnehmen.

1433 Die gelatinöſen Faſern folgen nicht den ihnen benachbarten Primitivfaſern bis zu deren peripheriſchem Ende. So grau z. B. die Zweige der Plexus solaris, mesenterici, aortici u. dgl. ſind, ſo erſcheinen doch wiederum die Inteſtinalnerven des Gekröſes weiß. Das Gleiche gilt von den Ciliarnerven, wenn ſie ins Auge getreten, ſehr vielen Nervenzweigen der männlichen Geſchlechtstheile, die vorher durch Ganglien hindurchgegangen, u. dgl. mehr. So grau auch die Herzgeflechte und deren Zweige, die ſich in das Herz einſenken, ſein mögen, ſo weiß ſtellen ſich die Nervenfaſern, die man dicht unter dem Endocardium bei dem Schafe z. B. wahrnimmt, dar. Nur bei den Gefäßen und den einzelnen Eingeweiden dringen ſie, wie es ſcheint, auch in das Innere ein.

1434 Alle bisher erläuterten mikroſkopiſchen Studien bekräftigen die ſchon früher erwähnte Anſicht, daß der ſympathiſche Nerv keine beſonderen nur ihm zukommenden Structureigenthümlichkeiten beſitzt, ſondern daß die auffallenden Erſcheinungen, welche an ihm und ſeinen Zweigen bemerkt werden, von ſeiner häufigen Ganglienbildung herrühren, in gleicher Weiſe aber auch von den Knoten aller übrigen Körpernerven hervorgerufen werden können. Dieſes deutet ſchon darauf hin, daß nicht ſowohl von einer Selbſtſtändigkeit des Sympathicus oder des ſympathiſchen Nervenſyſtemes, als von einer ſolchen der Ganglien frageweiſe die Rede ſein kann. Wir müſſen daher zugleich ſchon hier die Verhältniſſe der letzteren im Allgemeinen aufzufaſſen ſuchen.

1435 Die meiſten Organe, welche vorzugsweiſe oder ausſchließlich von Aeſten des Sympathicus verſorgt werden, bewegen ſich nicht nur ohne beſonderen Befehl unſeres Willens, ſondern können ſogar nicht von dieſem direct influencirt werden. Eben ſo wenig aber als ihre motoriſchen Veränderungen mit unſerem Wiſſen vor ſich gehen, gelangen auch die normalen und mäßigen Taſteindrücke, welche ihre freien Oberflächen treffen, zu unſerem Bewußtſein. Keiner von uns kann z. B. die Bewegungen ſeines Herzens, Magens oder Darmes unmittelbar beherrſchen oder fühlt die Reibung, welche das kreiſende Blut oder die in dem Unterleibstheile des Nahrungsſchlauches fortgeſchobenen Speiſereſte veranlaſſen. Dieſe Thatſachen bildeten ein Hauptmotiv der früheren Annahme, daß der Sympathicus von Gehirn und Rückenmark unabhängig ſei und ein ſelbſtſtändiges Syſtem darſtelle. Analyſiren wir aber die Erſcheinungen genauer, ſo fällt

wiederum jeder angebliche beſondere Unterſchied von anderen Hirn- oder Rückenmarksnerven hinweg.

1) Die automatiſchen Bewegungen ſind kein bloßes Merkmal der von dem Sympathicus theilweiſe beherrſchten Apparate, ſondern kommen ſogar Organen zu, die ſelbſt keine durch Ganglienreichthum ſich auszeichnende Nerven erhalten. Ich erinnere nur vor Allem an die Thätigkeit der Athemmuskeln, die faſt durchgehends von einfachen Rückenmarksnerven und dem Acceſſorius abhängt.

2) Die Emancipation der Bewegungen von dem Einfluſſe des Willens und der mäßigen ſenſiblen Reize von dem Uebergange in das Bewußtſein findet ſich eben ſo gut bei einzelnen Hirnnervenäſten, welche durch Ganglien durchgegangen, als bei den Verzweigungen des Sympathicus. Wir wiſſen nichts von den Bewegungen unſerer Regenbogenhaut, die doch die größte Menge ſenſibler und motoriſcher Fäden von den N. N. trigeminus und oculomotorius erhält, können ſie nicht direct verändern und fühlen nicht die Reibung, welche die Dislocation der wäſſerigen Feuchtigkeit bei den Schwankungen des Sehloches veranlaßt. Obgleich der herumſchweifende Nerv den größten Theil der Schleimhaut der Bronchien und der Speiſeröhre verſorgt, ſo verhalten ſich dieſe Organe doch auf ähnliche Weiſe wie diejenigen Apparate, die von dem Sympathicus ausſchließlich verſehen werden. Die Thränendrüſe, welche von dem dreigetheilten, die Mundſpeicheldrüſe, welche von dieſem und dem Antlitznerven verſehen werden, zeigen ſich dem Pankreas, das ſeine Nerven von dem Sympathicus bezieht, vollkommen analog. Obgleich viele Gefäße ihre nervöſen Faſern, wie ſich aus den bei den einzelnen Hirn- und Rückenmarksnerven gelieferten Tabellen ergiebt, von Cerebroſpinalzweigen erhalten, ſo iſt doch nie bei ihnen von einer ſenſiblen ſelbſtbewußten Empfindung oder einem unmittelbaren motoriſchen Einfluſſe die Rede.

Faſſen wir alſo dieſe Verhältniſſe richtiger und allgemeiner auf, ſo 1436
findet ſich, daß ſie vorzugsweiſe von zweierlei Momenten, von denen ſich keines ausſchließlich auf den Sympathicus bezieht, abhängen.

1) Manche Gewebtheile unſeres Körpers ſind immer den directen Einflüſſen unſeres Willens und unſeres Bewußtſeins entzogen. Hierher gehören die einfachen Muskelfaſern, ſie mögen wo ſie wollen vorkommen (§. 697), die ihnen analogen und zum Theil gleichen Faſern der Mittelhaut der Drüſengänge, die Faſern der Blut- und Lymphgefäße, die contractilen Faſern der Lederhaut, der Schleimhäute u. dgl. mehr. Die Unmöglichkeit, alle dieſe Gebilde direct nach dem Einfluſſe unſeres Willens zuſammenzuziehen, kann nicht von der Beſchaffenheit der Nerven abhängen. Denn der ſo empfindliche Trigeminus und der willkürlich bewegliche N. facialis erzeugen z. B. die Hauptzweige der Mundſpeicheldrüſen, ohne daß ſich an ihnen bis jetzt anatomiſche Conformationen, welche der bald zu erwähnenden zweiten Kategorie angehören, nachweiſen ließen. In noch höherem Grade iſt dieſes bei den Brüſten der Fall, deren Nerven aus den N. N. supraclaviculares, thoracici anteriores und den vorderen Aeſten des zweiten bis vierten oder erſten bis fünften Bruſtwirbelnerven ſtammen.

2) Wie es ſcheint, iſt eine jede Primitivfaſer von der Herrſchaft des Willens und des Bewußtſeins um ſo eher befreit, eine je größere Menge von Ganglien ſie bei ihrer peripheriſchen Verbreitung durchlaufen, je ſtärker ſie ſich zwiſchen Ganglienkugeln hindurchgewunden hat und je mehr ſie von Scheidenfortſätzen derſelben begleitet worden iſt. Daß ein einmaliger Durchgang durch einen Nervenknoten weder der Pünktlichkeit der ſelbſtbewußten Empfindung, noch der durch den Willen ausgeführten Bewegung ſchade, lehren z. B. die ſenſiblen Aeſte des Trigeminus mit ihrem Gaſſer'ſchen, die motoriſchen des Facialis mit ihrem Kniegang!ion, viele der gemiſchten Zweige des Vagus mit ihrem Jugularknoten und endlich die ſämmtlichen empfindenden Aeſte des Rückenmarksnerven mit den Spinalganglien ihrer hinteren Wurzeln. So wie ſich aber die Beziehung zu den Ganglien wiederholt, werden die Perceptionen dumpfer oder gänzlich aufgehoben, während die Willensregungen immer mehr in den Hintergrund treten. Daß wiederum dieſe Eigenthümlichkeiten bei den zahlreichen Knotenbildungen des Sympathicus ihr Maximum erreichen, ergiebt ſich von ſelbſt. Allein auch hier erſcheint keine beſondere Prärogative dieſes Nervenſtammes, die nicht von der relativen Menge ſeiner Ganglien und der Scheidenfortſätze ſeiner Zweige herrührte.

1437 Die Hemmung der Empfindung, welche ſich auf dieſe Weiſe als eine Folge der Ganglienbildung kund giebt, iſt keine abſolute. Denn ſtarke und ungewohnte Reize werden nicht nur wahrgenommen, ſondern erregen ſogar verhältnißmäßig ſehr bedeutende Schmerzen. Dieſes lehren nicht nur die intenſiven quälenden Empfindungen, welche bei vielen Krankheiten im Innern des Auges, des Herzens, der Lungen, des geſammten Nahrungskanales, der Leber, der Nieren, der Harnblaſe, der Gebärmutter u. dgl. vorkommen, ſondern auch directe phyſiologiſche Verſuche.

1438 Sehr graue und weiche Zweige, die ſich vorher in hohem Grade an Ganglien betheiligt haben, können ohne beſondere Schmerzensäußerungen verletzt werden. Man iſt auf dieſe Art z. B. im Stande, die Aeſte, welche aus dem Ganglion cervicale supremum des Kaninchen hervortreten, zu durchſchneiden oder den größten Theil des Knotens ſelbſt zu verletzen, ohne daß das Thier irgendwie reagirt. Legt man aber den Knoten bloß und trennt nur die Halsnervenwurzeln deſſelben, ſo ſchreit das Thier, wenn es nicht vorher durch die übrigen Theile der Operation zu apathiſch geworden, oder zuckt wenigſtens mit dem ganzen Körper. Drückt man einen Aſt des Sonnengeflechtes bei dem Hunde oder dem Kaninchen zuſammen, ſo erhält man oft keine ſenſible Wirkung. Oeffnet man aber ſchnell den Unterleib oder die eine Seite der Bruſthöhle und greift den Plexus solaris oder den Grenzſtrang des Sympathicus an, ſo fehlt bisweilen im Anfange die Schmerzensreaction. Sie tritt jedoch faſt immer ein, wenn die nervöſen Theile einige Zeit an der Luft gelegen haben, und wird nicht ſelten ſo heftig, daß die Thiere laut aufſchreien. Afficirt man aber z. B. die Urſprungswurzeln des Bruſttheiles des Grenzſtranges von Kaninchen, ſo ſchreien die Thiere ſo laut und intenſiv, wie wenn man einen vordern Aſt eines Rückenmarksnerven ſelbſt verletzt.

Wiederholte Verſuche von **Florens**, **Brachet** und mir führten im 1439
Ganzen, was die Einzelnheiten betrifft, zu folgenden Endreſultaten [1]:

1) Sehr graue Zweige, die ſich bei ihrem Verlaufe an vielen Ganglien betheiligt haben, rufen keine Schmerzen nach leichteren Angriffen, zu denen ſelbſt eine raſche Durchſchneidung oder ein mit keiner Zerrung verbundener Druck gehören, hervor. Stärkere Irritamente dagegen, wie z. B. die Unterbindung oder die Anwendung leicht löslicher Aetzmittel bedingen auch hier ſchon eine deutliche ſenſible Reaction. Aus dieſem Grunde beobachteten **Joh. Müller** und **Peipers** [2] ſo wie ich heftige Schmerzensregungen bei Unterbindung der Nierennerven von Kaninchen oder Schaafen. Schnürt man um die Pfortader der erſteren eine Ligatur, ſo zucken ſie in manchen Fällen heftig zuſammen.

2) Der Anſpruch der Ganglien ſelbſt zeigt ſich bisweilen auf der Stelle ſchmerzhaft. Faſt immer aber erfolgt die Reaction, wenn ſie eine Zeit lang der Luft ausgeſetzt waren und ſich zum Theil mit mehr Blut gefüllt hatten. Dieſes gilt vorzugsweiſe von den Knoten des Grenzſtranges des Sympathicus in der Bruſt- und Bauchhöhle. Die Schmerzen entſtehen um ſo eher und fallen um ſo heftiger aus, je mehr die Stimmung der Ganglien geſteigert worden.

3) Die die Ganglien des Grenzſtranges verbindenden Bündel beſitzen häufig eine ſehr deutliche Senſibilität und verhalten ſich überhaupt ähnlich wie die Knoten ſelbſt.

4) Die aus einem Knoten austretenden Zweige ſind im Allgemeinen ſenſibler als die eintretenden. Endlich

5) erſcheinen die Urſprungswurzeln des Ganglienſtranges des Sympathicus meiſtentheils eben ſo ſenſibel als die vorderen Aeſte der ihnen benachbarten Rückenmarksnerven. Nur richtet ſich natürlich die Größe des Schmerzes nach der Menge der in ihnen enthaltenen empfindenden Faſern.

Die Leitung der ſenſibeln Elemente, welche in dem Sympathicus 1440
(und anderen gangliöſen Nerven) vorhanden ſind, gehorcht den gewöhnlichen Geſetzen der Fortpflanzung des Nervenagens. Dieſes erhellt aus folgenden an Kaninchen angeſtellten Verſuchen:

1) Durchſchneidet man das Halsmark des Thieres vollſtändig, ſo fehlen alle Schmerzensäußerungen nach Reizung des Grenzſtranges des Sympathicus oder der Urſprungswurzeln deſſelben. Eben ſo bleibt auch dann der Anſpruch der ſenſibeln Faſern der Rückenmarkswurzeln in dieſer Hinſicht unbeantwortet.

2) Um fernere Verſuche anzuſtellen, öffnet man bei Kaninchen entweder den unteren Theil der einen Seite der Bruſthöhle, ſo daß nicht die andere Lunge außer Thätigkeit geſetzt und die Athmung aufgehoben wird, oder man macht bei ihnen und Hunden die Bauchhöhle frei. Wir können uns dann leicht überzeugen, daß der Grenzſtrang ſelbſt mit ſeinen Ganglien, ſo wie die aus ihnen hervortretenden Aeſte unter den oben ange-

[1] De functionibus nervorum p. 70.
[2] **Joh. Müller** Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 670.

führten Verhältniſſen ſehr ſenſibel ſind. Durchſchneidet man aber den oberen Theil des Ganglienſtranges und die Urſprungswurzeln eines Ganglion, ſo verurſacht die Reizung des letzteren ſo wie der aus ihm hervorgehenden Zweige, ſo viel ich bis jetzt ſah, keine Schmerzen. Ein tiefer liegender Knoten kann ſich aber noch ganz ſenſibel darſtellen. Dagegen hebt die bloße Durchſchneidung des Grenzſtranges oder der Urſprungswurzeln die Empfindlichkeit nicht gänzlich auf. Eben ſo wenig wirkt die Trennung des Grenzſtranges auf die oberhalb der Verletzungsſtelle liegenden Ganglien in merklicher Weiſe ein. Wir werden in der Folge ſehen, daß dieſe Reſultate eine nothwendige Folge des Verlaufes der Nervenfaſern in dem Sympathicus darſtellen.

1441 Daß der Grenzſtrang deſſelben motoriſche Faſern enthalte, läßt ſich eben ſo beſtimmt nachweiſen. Legt man z. B. das Ganglion cervicale supremum N. sympathici eines Kaninchens bloß, ſo verändert ſich die Pupille auf keine außerordentliche Weiſe. So wie man dagegen dieſen Nervenknoten exſtirpirt hat, verkleinert ſich nicht nur das Sehloch, ſondern nimmt auch eine länglich runde, etwas verzerrte Form an und behält ſie auch ſpäter gänzlich oder bis kurz vor dem Tode bei. Die näheren Verhältniſſe dieſer Thatſache werden uns ſpäter ausführlich beſchäftigen.

Die übrigen motoriſchen Eigenſchaften des Grenzſtranges und der von ihm ausgehenden Verzweigungen laſſen ſich am beſten an friſch getödteten Thieren ermitteln. Da die Reizbarkeit der Säugethiere raſch verſchwindet, ſo muß man hier, wenn man zu poſitiven Ergebniſſen gelangen will, die Zahl der Verſuche bedeutend vervielfältigen, unmittelbar nach dem Tode experimentiren und ſich beſonders vor dem ſchädlichen Einfluſſe der niederen Temperatur bewahren. Die Beobachtungen gelingen am leichteſten am Herzen und den Eingeweiden des Unterleibes und des Beckens, mit Ausnahme des Magens. Betrachten wir aber die Verhältniſſe den von den Sympathicusäſten beherrſchten Organen nach, ſo erhalten wir folgende Ueberſicht.

1442 1) Gefäßſyſtem. — Da die Bewegungen des Herzens längere Zeit nach dem Tode anhalten und oft ohne äußere ſichtliche Anregung von Neuem beginnen, ſo bleiben viele Verſuche, welche man in dieſer Beziehung anſtellt, zweifelhaft. Ein ſicheres Urtheil gewähren auch hier nur Verſtärkungen des Herzſchlages oder örtliche wellenförmige Zuckungen der Kammern. Mechaniſche Reizung der Herzgeflechte des Hundes oder eines der R. cardiaci des Pferdes bringen nicht ſelten poſitive Erfolge letzterer Art hervor. Eben ſo bemerkte ich eine Wiederbelebung des Herzſchlages von Kaninchen nach dem Anſpruche des unterſten Halsknotens des Sympathicus. Der des erſten Bruſtganglion rief bei ihm und dem Hunde in Einzelfällen leichte Zuckungen der oberflächlichen Muskeln der Herzkammern hervor.

Zweifelhafter bleiben die Unterſuchungen, welche rückſichtlich der Contractilität der großen Gefäßſtämme angeſtellt worden. Die Bruſtaorta und der Milchbruſtgang des Pferdes ſcheinen ſich zwar bisweilen nach mechaniſcher Reizung der Bruſtganglien oder Betupfen derſelben mit

kauſtiſchem Kali, die untere Hohlvene nach gleicher Behandlung des Bauchtheiles des Sympathicus allmälig zuſammenzuziehen. Da jedoch häufig dieſelben Wirkungen in Folge der Entleerung der eingeſchloſſenen Flüſſigkeiten und des Einfluſſes der Atmoſphäre zu Stande kommen, ſo liefern ſogar die günſtigſten Reſultate der Art keine definitiven Beweiſe.

2) Nahrungscanal. — Wie es ſcheint, hat ſchon der Halstheil 1443
des Sympathicus einen motoriſchen Einfluß auf den Anfang des Nahrungsſchlauches. Denn ich ſah bei dem Kaninchen nach Reizung jenes Nerven, der hier iſolirt am Halſe verläuft, Bewegungen in der Mittelparthie des Oeſophagus entſtehen. Sind Vagus und Sympathicus, wie bei dem Pferde und dem Hunde, am Halſe mit einander verſchmolzen, ſo entſtehen natürlich ſehr heftige Reactionen im Schlunde und der Speiſeröhre nach dem Anſpruche dieſes gemeinſchaftlichen Stammes. Einzelne Stellen des Bruſttheiles des Oeſophagus bewegen ſich nicht ſehr ſelten nach dem Angriffe der etwas höher als ſie gelegenen Bruſtganglien oder des oberſten Halsknotens und immer nach Irritation der Plexus oesophagei. In manchen Ausnahmsfällen erſcheinen auch dann Zuſammenziehungen des Magens, die jedoch vielleicht nur ſecundärer Natur ſind. Sie fehlen aber, ſo viel ich bis jetzt ſah, nach Reizung des Plexus solaris.

Was die übrigen Theile des Nahrungscanales betrifft, ſo iſt natürlich bei allen Verſuchen zu berückſichtigen, daß vorzüglich die dünnen Gedärme nach Oeffnung der Bauchhöhle durch den Reiz der atmoſphäriſchen Luft oder die geringſte Erſchütterung in Bewegung gerathen. Dieſe Empfänglichkeit kann ſogar bedeutend länger als die Irritabilität der Nerven anhalten. Man muß daher nur ſolche Thiere benutzen, deren Dünndarm ſtillſteht, oder einzig und allein ſehr auffallende und unzweifelhafte örtliche Verſtärkungen der Periſtaltik als poſitive Reſultate betrachten. Das Syſtem der dicken Gedärme giebt meiſt in dieſer Hinſicht ſchärfere Reſultate, weil es einerſeits ſeltener durch den bloßen Reiz der Luft in Bewegung geräth und die vollſtändig gelingenden Folgen der Nervenwirkung ſo heftige Contractionen anregen, daß ſie ſogleich in die Augen fallen und ſich von den erwähnten automatiſchen Erſcheinungen deutlich unterſcheiden.

Reizt man den Plexus solaris und mesentericus superior von Kaninchen, ſo erzeugt oder vergrößert ſich die periſtaltiſche Zuſammenziehung der dünnen Gedärme. Zu demſelben Reſultate führte der chemiſche Anſpruch der R. R. splanchnici major und minor in einzelnen Fällen der Art. Während aber hier vorzüglich der Zwölffingerdarm und der obere Theil des Leerdarmes zu antworten ſchien, zog ſich bei dem Pferde der quere und zum Theil der abſteigende Grimmdarm energiſch zuſammen. Eben ſo kann man kraftvolle Dünndarmbewegungen durch ſtarken chemiſchen oder galvaniſchen Anſpruch der mittleren und unteren Parthie des Bruſt- und der oberen des Lendentheiles des Grenzſtranges des Sympathicus erhalten. Die Reizung des Lenden- und Sacraltheiles wirkt oft ſehr energiſch auf den Blinddarm, die einzelnen Theile des Dickdarmes und den Maſtdarm.

Die Gallenblaſe konnte bis jetzt von keinem Theile des ſympathiſchen Nerven aus zu irgend lebhaften Contractionen bei dem Hunde oder Ka-

ninchen veranlaßt werden. Dagegen ſahen Gerber und ich ein Mal bei dem Pferde, welches bekanntlich keine Gallenblaſe beſitzt, daß ſich der Ductus choledochus nach Reizung des R. splanchnicus major der rechten Seite langſam, aber periſtaltiſch von der Leber nach dem Zwölffingerdarm hin zuſammenzog.

1444 3) Harnwerkzeuge. — Man erhält nicht ſelten bei ſehr reizbaren Thieren nach dem Anſpruche der Bauchknoten des Sympathicus ſehr energiſche Contractionen des Harnleiters, die ſich periſtaltiſch gleich einer ſchnell dahin laufenden Welle von der Niere nach der Harnblaſe fortpflanzen. Dieſe Beobachtungen laſſen ſich an Kaninchen mit vieler Evidenz anſtellen. Was die Harnblaſe betrifft, ſo zieht ſie ſich zwar auch häufig nach Oeffnung der Bauchhöhle durch den Reiz der Luft zuſammen, ſo daß ſich der in ihr angeſammelte Urin von ſelbſt entleert. Allein einerſeits fehlt dieſe Erſcheinung in vielen Fällen und anderſeits ſind die durch den Sympathicus angeregten Contractionen derſelben ſo ſtürmiſch, daß man hier nur ſelten in Betreff des Reſultates in Zweifel bleiben kann. Spricht man den unteren Lenden- und den oberen Sacraltheil des ſympathiſchen Nerven an, ſo zeigen ſich bei dem Kaninchen, dem Pferde, dem Hunde und der Katze energiſche Bewegungen der Blaſe, welche ſich ſowohl in ihrem Längendurchmeſſer, als in ihren ſchiefen Dimenſionen verkleinert. Das letzte (ſiebente) Lenden- und das erſte Sacralganglion ſchienen bei Kaninchen am heftigſten und zwar zunächſt auf den Blaſenſcheitel zu wirken. Die Bewegung begann in der Regel an derjenigen Seite, welcher die gereizten Nerven angehörten. Sie pflanzte ſich jedoch bald auf das ganze Organ fort.

1445 4) Geſchlechtstheile. — Hier dienen am beſten Kaninchen oder Meerſchweinchen, welche ſich in der Brunſt befinden. Dagegen bleiben die Reſultate bei ſehr jungen Thieren oder ſelbſt älteren, die man außerhalb der Begattungszeit vornimmt, meiſtentheils negativ. Das Vas deferens geräth dann bei den erſteren Geſchöpfen in die heftigſte wellenförmige Periſtaltik nach Reizung der beiden unterſten Lendenknoten mit oder ohne Betheiligung des erſten Sacralganglion. Das Gleiche erfolgt an den Samenblaſen des Meerſchweinchens, wenn man den unteren Lumbar- und den oberen Sacraltheil des Sympathicus anſpricht. Ich habe hier in Einzelfällen ſo kraftvolle Wirkungen wahrgenommen, daß der Same und der Inhalt der Samenblaſen zur Harnröhrenöffnung des männlichen Gliedes in nicht unbedeutender Menge hervorgepreßt wurden.

Der untere Lenden- und der Sacraltheil des Grenzſtranges ruft auch oft lebhafte periſtaltiſche Bewegungen der Tuben hervor. Sie beginnen dann an dem Eierſtocksende und pflanzen ſich wellen- oder wurmförmig nach der Gebärmutter hin und zum Theil in ſie hinein fort. Dieſe Verſuche gelingen beſonders gut bei Kaninchen (Meerſchweinchen) und Pferden. Wie es mir ſchien, beantwortete der Uterus der zuerſt genannten Thiere die Nervenreize ungefähr in der Mitte der Schwangerſchaft um vieles träger als im leeren Zuſtande.

Reſumiren wir aber wiederum die Bewegungsbezirke der einzelnen Parthieen und Zweige des Grenzſtranges des Sympathicus, ſo erhalten wir folgende Tabelle:

Theil des Sympathicus.	Motoriſcher Bezirk.	Theil des Sympathicus.	Motoriſcher Bezirk.
Ganglion cervicale supremum.	Iris. (Pharynx.)	R. R. splanchnici.	(Magen??) Duodenum und oberer Theil des Jejunum. (Querer Grimmdarm und Ductus choledochus des Pferdes.)
Halstheil des Grenzſtranges.	Herz. (Speiſeröhre.)	Plexus coeliacus und mesentericus superior.	Dünne Gedärme.
Ganglion cervicale infimum.	Herz. (Speiſeröhre.)	Lenden- und Heiligbeintheil des Grenzſtranges.	Untere Parthie der dünnen Gedärme. Blinddarm. Colon. Maſtdarm.
R. R. cardiaci und Plexus cardiaci.	Herz.	Mittlerer und unterer Lendentheil des Grenzſtranges.	Harnleiter.
Ganglion thoracicum primum.	Herz.	Unterer Lenden- und oberer Sacraltheil des Grenzſtranges.	Harnblaſe. Maſtdarm. Vas deferens. Tuben und Uterus.
Plexus oesophagei.	Speiſeröhre. (Magen?)		
Bruſttheil des Grenzſtranges.	Dünne Gedärme. (Große Gefäße?)		

Es läßt ſich an dieſen motoriſchen Zweigen leicht nachweiſen, daß 1446
jede Unterbrechung derſelben der Fortgang der Leitung aufhebt. Hat man z. B. die ſplanchniſchen Nerven, welche zu dem Sonnengeflechte treten, an einer Seite durchſchnitten, ſo bewirkt die Reizung des mittleren Bruſttheiles des entſprechenden Grenzſtranges keine energiſche Periſtaltik der dünnen Gedärme mehr, während ſie nach dem Anſpruche der Bruſtganglien der anderen Seite oder des Plexus solaris ſelbſt erfolgt. Eben ſo gelingen alle dieſe Verſuche im Allgemeinen um ſo leichter, je weniger die Primitivfaſern durch Ganglien hindurchgegangen oder je näher ſie ſich ihrem peripheriſchen Ende befinden.

Unterliegt es aber hiernach keinem Zweifel, daß der Grenzſtrang und 1447
die Zweige des ſympathiſchen Nerven nebſt deren Ganglien ſenſible und motoriſche Nervenfaſern führen, ſo bleibt noch die Frage, woher dieſe ſtammen, zu erörtern. Die älteren Forſcher des ſiebenzehnten und achtzehnten Jahrhunderts faßten in dieſer Beziehung die Verhältniſſe des Sympathicus in einfachſter Weiſe auf. Sie betrachteten die Verbindungen deſſelben mit dem Trigeminus und Abducens und anderen Gehirnnerven als deſſen Gehirnurſprung, ließen ihn dann nach dem Halſe der Bruſt- und dem Unterleibe herabſteigen und hierbei Anaſtomoſen der Rückenmarksnerven aufnehmen. Dieſe Anſchauung des Sympathicus als eines Cerebroſpinalnerven findet ſich z. B. ſchon bei Willis [1]) und wurde auch

[1]) Th. Willis Opera medica et physica. Lugduni, 1676. 4. p. 374.

von Haller mit gewohnter Klarheit entwickelt [1]). Als Petit die Verkleinerung der Pupille von Hunden nach der hohen Durchſchneidung des mit dem Vagus zum Theil verſchmolzenen Halstheiles des Sympathicus bemerkt hatte, benutzte er dieſe Thatſache nur zu dem Schluſſe, daß auch Faſern von der Cervicalparthie des Sympathicus nach dem Kopfe emporſteigen, keineswegs aber zu Beweiſen der Selbſtſtändigkeit des ſympathiſchen Nerven. Dieſe letztere Hypotheſe wurde erſt zu Ende vorigen Jahrhunderts ſpecieller aufgeſtellt. Da die meiſten Zweige deſſelben Organe verſorgen, deren gewöhnliche Eindrücke nicht zum Bewußtſein gelangen, auf deren Bewegungen unſer Wille keinen Einfluß hat und die vorzüglich vegetative Thätigkeiten vermitteln, ſo dachte man ſich den Sympathicus als ein vom Gehirn und Rückenmark unabhängiges Nervenſyſtem, welches vorzüglich die Ernährungserſcheinungen leite. Man ſtellte ſich die Ganglien deſſelben als kleine iſolirte Gehirne vor und hatte ſo ein materielles Subſtrat für die erwähnten Emancipationserſcheinungen. Da aber Geflechte, welche von dem Sympathicus allein ausgehen oder an denen ſich Zweige deſſelben betheiligen, die meiſten größeren Gefäßſtämme des Kopfes, des Halſes, der Bruſt- und der Bauchhöhle begleiten und umſpinnen, ſo glaubte man hierin einen vorzüglichen Beweis für den eigenthümlichen oder ausſchließlichen Ernährungseinfluß deſſelben zu finden.

1448 Forſcht man nach irgend entſcheidenden Thatſachen, welche dieſe von Bichat und Reil angeregten und von der nachfolgenden praktiſchen Medicin mit Begierde aufgegriffenen Ideen erhärten ſollten, ſo wird man kein einziges Factum, welches den Charakter eines exacten naturwiſſenſchaftlichen Beweiſes anzuſprechen das Recht hätte, als Motiv dieſer Hypotheſe vorfinden. Man behalf ſich nur im beſten Falle mit Folgerungen, deren Baſis nichts weniger als feſt war. Man beobachtete z. B. Mißgeburten ohne Hirn und Rückenmark, die mit einem Sympathicus verſehen waren, und entnahm hieraus, daß dieſer die Vegetation leite, weil ausgebildete Organe des Embryo vorhanden waren. Allein wer hatte bewieſen oder kann es jetzt noch darthun, daß die embryonale Entwickelung der Theile des Fötus an Nervenbedingungen der Art geknüpft iſt? Und abgeſehen hiervon, wie ſollte der Sympathicus, der ſo gut als gar keine Aeſte in die Extremitäten ſendet, im Stande ſein, die Bildungsverhältniſſe derſelben zu leiten?

1449 Verfolgt man überhaupt dieſe Vorſtellungen genauer, ſo ſieht man, daß ſie weder klaren Begriffen, noch den ſpeciellen Verhältniſſen der Neurologie entſprechen. Wenn ſich auch die vorzüglichſten vegetativen Organe in der Bruſt- und Bauchhöhle concentriren, ſo findet doch am Ende die Vegetation an allen Punkten des Körpers, wo Capillaren und ein Wechſel der Materie exiſtiren, Statt. Wäre aber der Sympathicus der ausſchließlich vegetative Nerv, ſo müßten wenigſtens ſeine Zweige alle Arterien gleich denen des Kopfes und Halſes begleiten. Allein abgeſehen davon,

---

[1]) Haller Opera minora Vol. I. p. 510. Elementa physiologiae. Tomus IV. Lausannae, 1762. 4. p. 254.

daß dieſes an den Schlagadern der Extremitäten nicht der Fall iſt und ſie vielmehr von gewöhnlichen benachbarten Cerebroſpinalnerven den größten Theil ihrer Nervenfaſern erhalten, empfangen ſelbſt die Arterien des Kopfes, des Halſes und der Bruſt ſehr viele Reiſer von einfachen Hirnnervenzweigen. Die Abſonderungsorgane, vorzüglich die ſecernirenden Drüſen, gehören doch gewiß vor allen zu den vegetativen Apparaten, und doch erhalten die Thränendrüſe, die Mundſpeicheldrüſen, die Brüſte den bei weitem größten Theil ihrer Primitivfaſern von Hirn- und Rückenmarksnerven. Der Sympathicus iſt daher weder ausſchließlicher Vasomotorius, wie man ihn wiederum in neuerer Zeit nennen wollte, noch einziger vegetativer Nervenſtamm.

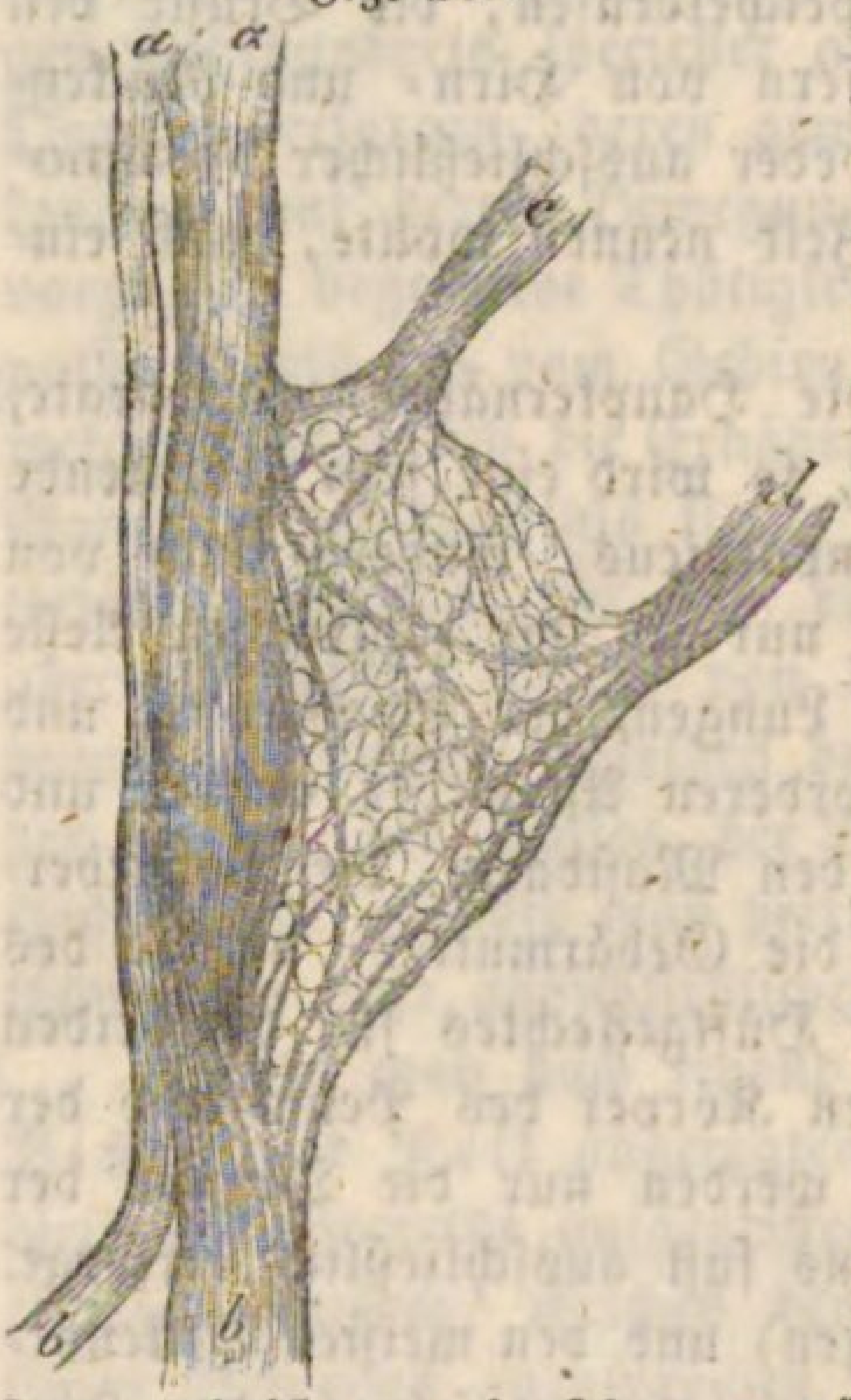
Halten wir uns aber auch nur an die Hauptnährungsapparate, 1450
welche in der Bruſt- und Bauchhöhle liegen, ſo wird eine ſehr bedeutende Parthie derſelben nicht bloß von dem Sympathicus, ſondern auch von Cerebroſpinalnerven verſorgt. Ich erinnere nur an die zahlreichen Aeſte des Vagus, welche ſich zu dem Herzen, den Lungen, der Speiſeröhre und dem Magen, die reichlichen Zweige des vorderen Aſtes der dritten und vierten Kreuzbeinnerven für die Harnblaſe, den Maſtdarm, die Vorſteherdrüſe, die Samenblaſen, die Scheide und die Gebärmutter, an die des N. pudendus communis des Schaam- oder Hüftgeflechtes für die beiden zuletzt genannten Organe und die cavernöſen Körper des Penis und der Clitoris u. dgl. mehr. Streng genommen werden nur die Organe der eigentlichen Bauchhöhle von dem Sympathicus faſt ausſchließlich verſorgt. Dagegen haben wir in der Bruſt, (dem Magen) und den meiſten Beckenorganen Miſchungen, welche die erwähnte Theorie nur zu ſehr in den Hintergrund geſtellt hat. Bedenken wir aber endlich noch, daß einzig und allein die Häufigkeit der Ganglienbildung den ſympathiſchen Nerven auszeichnet und ſich zwiſchen ſeinen Nervenknoten und denen anderer Cerebroſpinalnerven kein weſentlicher anatomiſcher Grundunterſchied auffinden läßt, ſo können wir ſchon aus dem Bisherigen entnehmen, daß jene Hypotheſe von der Selbſtſtändigkeit des ſympathiſchen Nervenſyſtemes mit keiner empfehlenden logiſchen Conſequenz durchgeführt zu werden vermag. Indem man dieſes wohl fühlte, ſuchte man auch die Annahme dahin zu erweitern, daß man alle Ganglien und nicht bloß die des Sympathicus als die Subſtrate der Entſtehung eigenthümlicher Nervenfaſern oder beſonderer Kräfte betrachtete.

Die nähere Prüfung dieſer Streitfrage kann aber auf zweierlei We- 1451
gen, auf anatomiſchem oder phyſiologiſchem, Statt finden. Die erſtere Unterſuchungsweiſe iſt deshalb unerläßlich, weil die phyſiologiſchen Thatſachen, wie wir ſehen werden, keine definitiven Folgerungen ohne ſichere anatomiſche Baſis geſtatten.

Alle Ganglien der verſchiedenen Hirn- uns Rückenmarksnerven em- 1452
pfangen und entlaſſen ſo viele Cerebroſpinalfaſern, daß ſich zahlreiche Bündel derſelben ſchon mit freiem Auge oder unter ſchwächeren Lupen, geſchweige denn mit dem Mikroſkope verfolgen laſſen. Das Gleiche iſt mit den Knoten des Grenzſtranges des Sympathicus der Fall. Sie neh-

men bekanntlich immer Verbindungsfäden aus den benachbarten Rückenmarksnerven in ſich auf und ſtehen hierdurch mit den hinteren ſowohl, als den vorderen Rückenmarksnerven in Zuſammenhang. Der Typus, nach welchem dieſes geſchieht, läßt ſich z. B. gut an der beifolgenden Zeichnung, welche nach dem zehnten Bruſtknoten des linken ſympathiſchen Nerven der Katze entworfen iſt, erkennen. aa iſt der oberhalb des Ganglion gelegene in zwei Hauptbündel geſonderte Theil des Grenzſtranges, bb die unterhalb des Knotens befindliche Parthie deſſelben. c und d ſind die beiden Verbindungsfäden mit den entſprechenden Rückenmarksnerven. Wir ſehen nun, daß der Haupttheil der Faſern von aa an der Innenſeite des Ganglion hinabgeht, um weiter in b und den ferneren Parthieen des Grenzſtranges zu verlaufen. Faſt alle Faſern des Urſprungsſtranges c begeben ſich nach unten zu b hin, um ferner peripheriſch fortzugehen. Die von d dagegen bilden innerhalb des Knotens mannichfache Geflechte. Ihre größte Menge verläuft ebenfalls nach unten, und nur eine unverhältnißmäßig kleine Parthie nach oben. Alle Faſern, welche das Ganglion auf dieſe Art bündelweiſe durchſetzen, heißen, wie ſchon erwähnt wurde, durchtretende. Außer ihnen bemerkt man noch zahlreiche vereinzelte, welche ſich zwiſchen den Ganglienkugelhaufen hindurch winden und die z. Thl. in Fig. 223 durch einfache Linien angedeutet ſind. Man belegt ſie mit dem Namen der umſpinnenden Primitivfaſern. Bricht man nun die Wirbelſäule vorſichtig auf und verfolgt den Theil des Urſprungsfadens c oder d, welcher von der nicht gangliöſen motoriſchen Wurzel des entſprechenden Rückenmarksnerven ſtammt, ſo ſieht man, daß ſeine Nervenbündel den Knoten durchſetzen und in der ferneren Parthie des Grenzſtranges, weniger dagegen in einen unmittelbaren peripheriſchen Zweig deſſelben eintreten. Hieraus ergiebt ſich, daß Faſern ſelbſt von den nicht gangliöſen Wurzeltheilen der Rückenmarksnerven in den Sympathicus eintreten und in ihm und ſeinen Verzweigungen weiter verlaufen. Es kann hiernach nicht im Ernſte daran gezweifelt werden, daß ſich ächte Cerebroſpinalfaſern in den Zweigen der Ganglien oder des Grenzſtranges des Sympathicus, wie in den Knoten der Hirn- und Rückenmarksnerven vorfinden.

Fig. 223.



1453 Erinnern wir uns aber, daß die Majorität der durchtretenden Nervenfaſerbündel nicht ſogleich in peripheriſche Zweige des Grenzſtranges eintritt, ſondern vorher dieſen letzteren und ſeine ferneren Knotenbildungen durchläuft, ſo muß ſich ihre peripheriſche Endverbreitung in einer gewiſſen Entfernung von der Urſprungsſtelle aus den Rückenmarksnerven befinden. Man nennt dieſe Norm das Geſetz des Fortſchrittes (Lex pro-

gressus). Wenn z. B. auf dieſe Weiſe Faſern des oberſten Halsknotens des Sympathicus zur Iris gehen, ſo liegt natürlich das entfernte peripheriſche Ende bei dem Menſchen über und bei den vierfüßigen Thieren vor der Urſprungsſtelle. Häufiger dagegen befindet es ſich, wie es auch die Natur der Sache zum Theil ergiebt, unter oder hinter derſelben. Hieraus folgt, daß die Richtung, in welcher die Faſern nach dieſer oder jener Seite ſtreichen, von untergeordneter Bedeutung iſt und am wenigſten als ein Widerlegungsmoment des Fortſchrittgeſetzes, wie **Bidder** und **Volkmann** glaubten [1]), angeſehen werden kann.

Dieſe Erſcheinung bildet aber keine Eigenthümlichkeit des Sympathi- 1454
cus, ſondern nur eine Analogie mehr, die er mit den einfachen Cerebroſpinalnerven darbietet. Denn auch ſie begeben ſich häufig mit ihren Verzweigungen zu entfernten Organen, die zum Theil höher, meiſtens aber tiefer als die Urſprungsſtelle liegen. Abſtrahirt man ſelbſt von den Nerven der Extremitäten, ſo liefern uns hierfür die N. N. trigeminus, facialis, vagus, accessorius, phrenicus, die R. R. supraclaviculares, ileohypogastricus, ileo-inguinalis und ſehr viele andere deutliche Belege. Die urſprüngliche Embryonalentwickelung bildet wahrſcheinlich ein Hauptmoment aller ſolcher Einrichtungen. Erinnern wir uns z. B., daß die Bruſthöhle oder der Hals am Anfange gänzlich fehlen, daß das Herz z. B. unmittelbar hinter dem Kopfe und der Magen dicht hinter dieſem liegt, ſo müſſen ſich auch die einmal für dieſe Organe angelegten Nervenäſte ausziehen, ſo wie jene weiter nach hinten (oder vorn) zurückweichen.

Unterliegt es aber keinem Zweifel, daß ächte Cerebroſpinalnerven in 1455
den Grenzſtrang des Sympathicus wie in alle anderen Knotenbildungen eintreten und mit ihren grauen Verzweigungen ausſtrahlen, ſo wäre es noch denkbar, daß nicht alle in ihm enthaltenen wahren Nervenfaſern einen Cerebroſpinalurſprung beſäßen, ſondern ein Theil derſelben in den Ganglien entſtände und ſich mit jenen Cerebroſpinalfaſern verbände. Da natürlich eine ſolche Hypotheſe ein Unterſtützungsmittel der die Selbſtſtändigkeit des Ganglienſyſtemes vertretenden Anſicht bildet, ſo haben ſich auch verſchiedene Forſcher bemüht, dieſen Punkt durch angeblich richtige Beobachtungen zu erhärten. Man glaubte hierbei vorzüglich, in den Volumensverhältniſſen der Urſprungs- und Austrittszweige eine Baſis der Deduction gefunden zu haben.

Vergleicht man nämlich die Summe der Aeſte, welche in den Grenzſtrang des Sympathicus durch die Urſprungswurzeln von dem (Gehirn und) Rückenmark eintreten, mit der Geſammtheit derjenigen, welche von ihm abgehen, ſo iſt die letztere größer als die erſtere. Hieraus ergiebt ſich zwar, daß in den Ganglien neue Elemente hinzutreten müſſen, nicht aber, daß dieſes Nervenfaſern ſeien. Erinnern wir uns nämlich, daß ſehr zahlreiche Scheidenfortſätze der Hüllen der Nervenkörper von den

[1]) F. H. **Bidder** und A. W. **Volkmann** die Selbstständigkeit des sympathischen Nervensystems durch anatomische Untersuchungen nachgewiesen. Leipzig, 1842. 4. S. 47.

Ganglienkugeln ausgehen und die Nerven begleiten, daß dieſe die ächten Nervenfaſern umgeben und das graue Anſehen derſelben bedingen, ſo muß nothwendig das Volumen der austretenden Aeſte größer ausfallen. Dieſe Exiſtenz von Scheidenfortſätzen oder Remak'ſchen Faſern bildet ein allgemeines Geſetz für alle Wirbelthiere. Sie finden ſich bei dem Menſchen, den Säugethieren und den Vögeln eben ſo gut als bei den Amphibien und Fiſchen. Nur haben ſie bei den Fröſchen und einzelnen Fiſchen eine einfachere Form und eine geringere Faſerzerſplitterung und können daher leicht, wenn man ſich nicht vorſieht, mit ächten Nervenfaſern, wie dieſes z. B. von Bidder und Volkmann geſchah, verwechſelt werden. Je ſpecieller man aber die Ganglien ſtudirt, um ſo mehr überzeugt man ſich, daß allgemein nur ein- und austretende Cerebroſpinalfaſern, Nervenkörper, Hüllen und Scheidenfortſätze derſelben in den Knoten exiſtiren und uns keine Thatſache berechtigt, in ihnen einen wahren Nervenurſprung bei irgend einem Wirbelthiere anzunehmen.

Das Bemühen, die Entſtehung ächter Nervenfaſern in den Ganglien durch die mikroſkopiſchen Beobachtungen nachzuweiſen, änderte ſich nach den Fortſchritten der allgemeinen Anatomie. Als man im Anfange die Scheidenfortſätze oder die gelatinöſen Faſern durch Remak genauer kennen lernte, glaubte man in ihnen die eigenthümlichen wahren Nervenfaſern der Ganglien des Menſchen und der beiden höheren Klaſſen der Wirbelthiere nachgewieſen zu haben. Spätere Erfahrungen lehrten aber, daß dieſe Elemente kein einziges Merkmal von Nervenfaſern darbieten, mit den Ganglienkugeln ſelbſt in keinem unmittelbaren Zuſammenhange ſtehen und nur von den Hüllgebilden derſelben entſpringen. Nachdem daher dieſe Idee der Beweisführung aufgegeben worden, bemühten ſich Bidder und Volkmann in ihrer §. 1453 angeführten Abhandlung, dieſelbe Hypotheſe auf anderem Wege zu erhärten, und ſtützten ſich hierbei auf die Specialverhältniſſe des Sympathicus der Fröſche. Eine in dem Repertorium Bd. VIII. S. 96—138 gegebene Analyſe ihrer Mittheilungen führte aber zu dem Endreſultate, daß manche dieſer Beobachtungen auf Irrthümern und viele Schlüſſe auf keiner feſten logiſchen Baſis beruhen. Indem ich wegen der Details auf die genannte Kritik verweiſen muß, kann ich hier nur einige der Hauptpunkte der Angaben dieſer Forſcher anführen.

1) Bekanntlich zeigt die Majorität der ächten Nervenfaſern, welche durch Ganglien durchgehen, die Eigenthümlichkeit, daß ſie verhältnißmäßig geringe Querdurchmeſſer beſitzen. Bidder und Volkmann nehmen nun an, daß es zwei Klaſſen von Nervenfaſern, breite und ſchmale, gebe und beide von einander geſondert ſeien. Die ſchmalen gehörten dem ſenſiblen und ſympathiſchen, die breiten vorzugsweiſe dem motoriſchen Syſteme an. Finden daher die Verf. in einem Nerven dünne Faſern, ſo ſind ſie ſympathiſche, während die dicken Cerebroſpinalfaſern darſtellen ſollen. Zuvörderſt iſt nun aber der Ausdruck ſympathiſche Faſern an und für ſich nicht annehmbar. Denn nach den Verf. ſelbſt ſollen die dünnen Faſern in allen Ganglien, z. B. auch in den Knoten der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven entſpringen. Sie bildeten daher, wenn alles Andere richtig wäre, keine Eigenthümlichkeit des ſympathiſchen Nerven, ſondern der Ganglien überhaupt. Eben ſo wenig laſſen ſich aber die beiden Klaſſen der dünnen und der dicken Faſern halten. Denn nach dem Geſtändniſſe der Verfaſſer exiſtiren Uebergangsfaſern zwiſchen beiden. Es iſt mithin die genaue Einzelbeurtheilung aller Phantaſie, d. h. dem Gegentheil jeder ſicheren Forſchung, frei geſtellt. Noch weniger iſt es endlich gerechtfertigt, wenn man jeden beliebigen Nerven unterſucht und nun alle feinen Faſern für ſympathiſche erklärt. Abgeſehen von dem Willkührlichen dieſes Verfahrens, habe ich an dem angeführten Orte gezeigt, daß die Breitendurchmeſſer überhaupt etwas Precäres ſind, und an einer und derſelben Faſer wechſeln, daß die breiteſte Faſer nach einem Verlaufe von wenigen Linien durch eine örtlich unmerkliche Verſchmälerung zu einer ſympathiſchen werden könnte, daß dieſes z. B. in der That bei den Endgeflechten vieler Muskelnerven der Fall iſt und man ſich daher hier auf dem ſchwankendſten Boden befindet. Endlich verfallen die Verfaſſer durch dieſes ihr Bemühen in logiſche Irrthü-

mer. Indem die meiſten Hauptnerven, z. B. die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven, eine große Zahl dünner Faſern führen, indentificiren ſie Senſibilität und ſympapathiſchen Charakter. Allein ſollten der Sympathicus und die übrigen Ganglien die unbewußt taſtenden und die nur unwillkührlich beweglichen Organe, wie das Herz, die Baucheingeweide beherrſchen, ſo müßten ſie eben ſo gut motoriſche, als ſenſible Faſern beſitzen, denn die Hemmungskraft der Ganglien erſtreckt ſich eben ſo gut auf jene wie auf dieſe. Soll er dagegen die Ernährungserſcheinungen beherrſchen, ſo gehören auch hierzu, wie wir bald ſehen werden, verſchiedenartige Faſern. Jene Identificirung der ſenſiblen und trophiſchen Verhältniſſe iſt eine der zahlreichen Unklarheiten von Begriffen, welche die früher allgemeine Annahme der Selbſtſtändigkeit des Sympathicus ſanctionirt hat.

2) Die vorzüglichſte Irrung von Bidder und Volkmann liegt in der unrichtigen Darſtellung der Elemente des ſympathiſchen Nerven des Froſches. Betrachtet man nämlich einen Knoten deſſelben, ſo ſieht man, daß die Striche, welche die Faſern des Urſprungsſtranges anzudeuten ſcheinen, theils nach dem Kopfe, theils nach deu Hinterende des Körpers verlaufen, wie dieſes ſchon zum Theil auch in Fig. 223 aus der Katze angedeutet iſt. Bidder und Volkmann nannten die erſteren centrale und die letzteren peripheriſche, indem ſie vorausſetzten, daß jene aus dem Ganglion nach dem Rückenmarksnerven und nur dieſe aus den letzteren nach den Zweigen des Sympathicus hinübergehen. Allein abgeſehen von allen anderen bald zu erwähnenden Momenten liegt ſchon hierin eine nicht begründete Folgerung, indem die ſogenannten centralen Faſern eben ſo gut in dem Grenzſtrange emporſteigen und in höheren peripheriſchen Zweigen des Sympathicus ausſtrahlen könnten. Sie fanden durch ganz richtige Meſſungen, daß die Maſſe jener centralen Faſern in dem geſammten Sympathicus größer ſei, als die der peripheriſchen. Folglich könnten dieſe nicht durch jene gedeckt werden, und es müßte ein Theil der Faſern, welche ſich peripheriſch verbreiten, in dem Sympathicus entſpringen. Denn die gelatinöſen Faſern ſeien bei dem Froſche wenig oder gar nicht ausgebildet und alle in ihm wahrnehmbaren Elemente ſtellten wahre ſympathiſche, und zwar ächte Nervenfaſern dar.

Fig. 224.

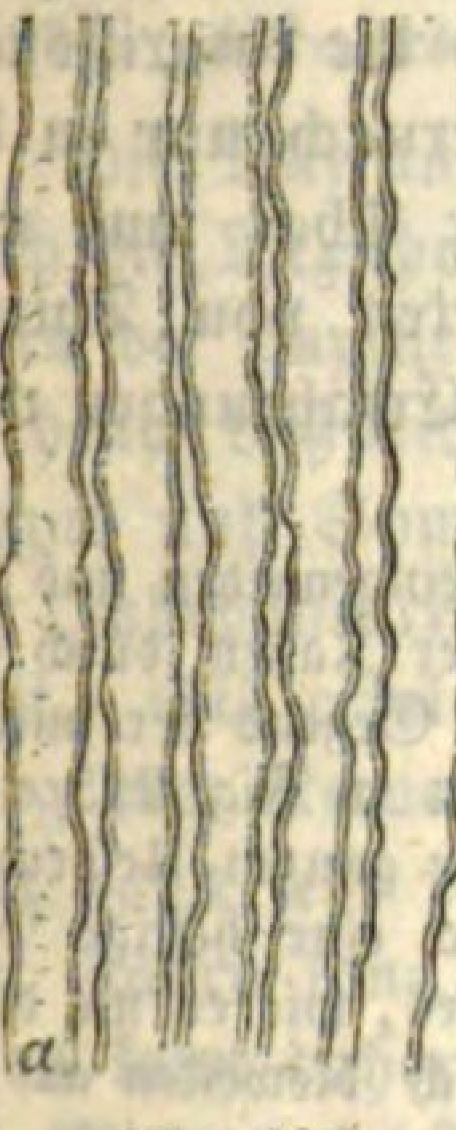
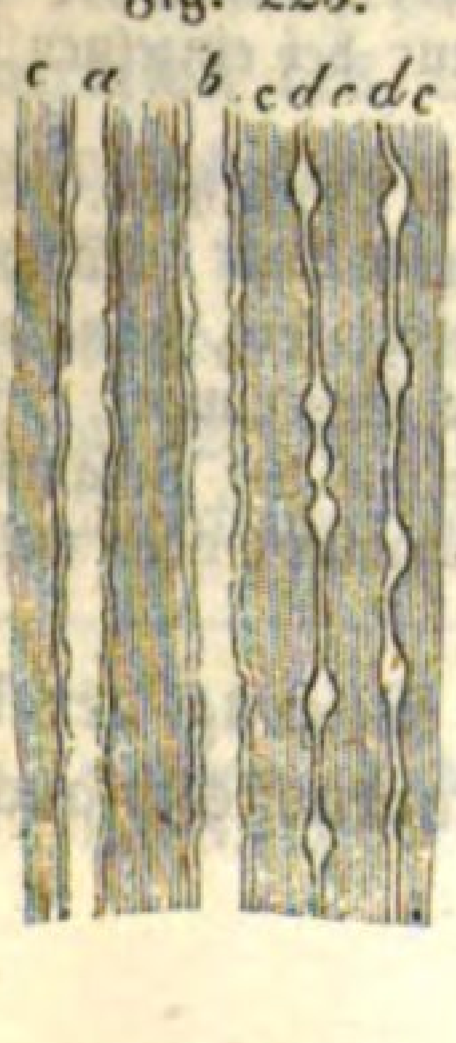


Fig. 225.



Eine genauere mikroſkopiſche Unterſuchung lehrt, daß ſich die Sache anders verhält. Zerfaſert man einen Körpernerven, z. B. den N. ischiadicus, ſo ſieht man Primitivfaſer neben Primitivfaſer. Die meiſten von ihnen ſind noch an friſchen Präparaten hell und gleichförmig; einzelne dagegen zeigen ſchon, wie es a Fig. 224 andeutet, eine theilweiſe Gerinnung des Nerveninhaltes. Zerlegt man dagegen ein Bündel des Grenzſtranges des Froſches, ſo erhält man in der Regel Anſchauungen, wie ſie uns Fig. 225 typiſch darſtellt. Man ſieht einzelne gewöhnliche Cerebroſpinalfaſern a und b, welche, wenn ſie freiliegen, ihren gewöhnlichen öligten, durch Waſſer und andere Einwirkungen leicht veränderlichen Inhalt darbieten. Zwiſchen und neben ihnen liegt eine heterogene Faſerformation ccc. Einzelne Elemente dd zeigen auf den erſten Blick knotige Anſchwellungen, und Bidder und Volkmann haben ſich auch hierdurch verleiten laſſen, ſie als ächte Nervenfaſern, welche leicht Varicoſitäten bilden ſollen, anzuſehen. Eine genauere Prüfung mit ſtärkeren Vergrößerungen lehrt aber, daß ſie dieſes nicht ſind. Sie führen keinen öligten Inhalt, verändern ſich nicht wie dieſes durch Waſſer und andere Reagentien, ſondern ſind platte Bänder, die ſich, wo ſie frei ſind, leicht umlegen und hierdurch ſcheinbare Varicoſitäten bilden, weil ſie abwechſelnd ihre ſchmale Kante und ihre breiten Flächen darbieten. Ganz der gleiche Fall tritt auch bei den platten Faſerzellen, welche der vollſtändigen Entwickelung des Zellgewebes und anderer Elemente des Embryo vorangehen, ein. Verfolgt man aber dann die Verhältniſſe genauer, ſo ſieht man, daß die Remak'ſchen Faſern im Sympathicus des Froſches nicht nur nicht fehlen, ſondern eben ſo ſtark als bei den höheren Thieren ausgebildet ſind. Der einzige Unterſchied iſt nur der, daß ſie bei den letzteren in feine Fäden zerfallen und zahlreiche Kerne auf ſich haben, während

Fig. 226.

Fig. 227.

die Zerfaſerung und Kernbildung bei dem Froſche geringer iſt. Sehr leicht gelingt es, Ganglienkugeln zu iſoliren und die in Fig. 226 dargeſtellte Anſicht zu erhalten. Der mit ſeinem Kerne und Kernkörperchen verſehene Nervenkörper liegt in einer peripheriſchen Scheide a eingekapſelt, während von ihr ein Scheidenfortſatz b ausgeht. Spaltet man ein Faſerbündel mit zwei Staarnadeln, ſo ſieht man bisweilen, wie vereinzelte ächte Nervenfaſern a Fig. 227 von Remak'ſchen Faſern eingehüllt worden und daher ohne Spaltung dieſer Umgebungselemente unſichtbar ſind. Dieſe Thatſachen laſſen ſich aber eben ſo leicht an den Urſprungsſträngen, wie in dem Grenzſtrange und nicht minder an den ſogenannten centralen, wie den peripheriſchen Bündeln derſelben beobachten. Die Dimenſionsverhältniſſe aller dieſer Gebilde geben daher eben ſo wenig ein Kriterium, als bei den höheren Thieren ab. So oft man auch die Ganglien zerfaſert — und ich habe beinahe 4 Wochen lang den ganzen Tag über die des Froſches ſtudirt — nie findet man die geringſte Spur eines Urſprunges einer ächten Nervenfaſer in einem Knoten. Auch Bidder und Volkmann geben nicht an, daß ſie etwas der Art geſehen haben. Man erſchließt ihn aber bald, wenn man die oben erwähnten platten und ſcheinbar varicöſen Bänder nach dem erſten Anſchauen mit ächten Nervenfaſern verwechſelt. Ueber die Detailsunterſchiede beider ſiehe Repertorium Bd. VIII. S. 123 fgg.

1456 Weiſen aber die anatomiſchen Studien beſtimmt nach, daß Faſern der vorderen Nervenwurzeln durch den Grenzſtrang des Sympathicus mit ſeiner Knotenbildung durchgehen und oft an entfernten Körperſtellen ausſtrahlen, ſo iſt mit Recht zu hoffen, daß ſich auch dieſer Verlauf durch phyſiologiſche Verſuche documentiren laſſe. Erinnern wir uns jedoch an die Hemmungskraft der Ganglien und an die Thatſache, daß die Reizung der Nerven um ſo leichter Bewegungen bedingt, je näher ſich die Angriffsſtelle dem peripheriſchen Ende befindet, ſo können wir ſchon hiernach nur in den günſtigſten Fällen poſitive Reſultate erwarten. In der That muß man auch, um hier zu Reſultaten zu gelangen, an Hunderten von Thieren Verſuche anſtellen und ſich durch Dutzende von negativen Erfahrungen nicht im Geringſten irre machen laſſen.

Die Experimente gelingen noch am leichteſten an den Baucheingeweiden und dem Herzen. Man tödtet zu dieſem Zwecke junge Kaninchen, Hunde oder Katzen durch eine um die Luftröhre geſchnürte Ligatur, theilt ihre Wirbelſäule in der Gegend der unteren Bruſtwirbel und geht nun nach Eröffnung der Bruſthöhle mit dem in Fig. 215 c abgebildeten Neurotom ſo ein, daß man die vorderen Wurzeln oder die ganzen Urſprungsſtellen der Lendennerven durchſchneidet. Nicht ſelten entſteht ſogleich eine heftige Periſtaltik der dicken Gedärme und ein lebhaftes Stoßen des Maſtdarmes, wie es nie durch den bloßen Luftreiz zu Stande kommt. Die Harnblaſe zieht ſich bisweilen auf der Stelle mit ſolcher Energie zuſammen, daß der Urin zur Harnröhre hervortritt. Die oben §. 1445 erwähnten Parthieen der Geſchlechtstheile führen nur bei einzelnen ſehr reizbaren Thieren zu poſitiven Reſultaten.

Oefter dagegen mißlingen ſchon die Verſuche an dem Hals- und Bruſttheile. Läßt man ſich darauf ein, die Wirbelſäule aufzubrechen und dann die Wurzeln zu durchſchneiden und mit der Pincette oder chemiſch zu reizen, ſo kann man befriedigt ſein, wenn man unter 20 nur zu dieſem Zwecke geopferten Thieren Ein poſitives Experiment erhält. Jedoch ſind auch hier noch bei gehöriger Schnelligkeit Verſtärkungen der Zuſammenziehungen des Herzens und der dünnen Gedärme, örtliche Einſchnürungen oder wellenförmige Bewegungen des Magens u. dgl. zu erzielen.

1457 Eine ausgedehnte Reihe von Verſuchen lehrte, daß Reizung der Urſprungsſtellen der Lendennerven die unteren Theile des Nahrungsſchlauches

(den Harnleiter), die Harnblaſe, das Vas deferens (die Samenblaſen), die Tuben und die Gebärmutter, die der Rückennerven den Dünndarm (und wahrſcheinlich bei dem Schafe die Mägen und bei dem Pferde den queren Grimmdarm) in Bewegung ſetzt. Die vier unterſten Halsnerven zeigten bisweilen einen Einfluß auf den Magen, ſo wie zum Theil auf die Speiſeröhre, welche auch einzelne Fäden aus den oberen Halsnerven zu empfangen ſchien. Dieſer Einfluß der Cervicalnerven auf die Speiſeröhre wurde von Volkmann in Abrede geſtellt. Ich muß aber bemerken, daß ich auch in neuerer Zeit wellige ſelbſtſtändige Erzitterungen des Bruſttheiles der Speiſeröhre nach der Reizung der unteren Halsnerven des Kaninchens beobachtete.

Wie man leicht ſieht, geben die Erfahrungen nur von den in dem Sympathicus abſteigenden Wurzelfäden Rechenſchaft. Was die nach dem Kopfe verlaufenden betrifft, ſo habe ich bis jetzt bloße Anzeichen derſelben an dem Herzen beobachtet. Es erzeugten ſich nämlich bei einer jungen Katze locale Zuckungen der Kammern, wenn ich die Urſprünge der mittleren Bruſtnerven nach Entfernung des Rückenmarkes mit einem in Salpeterſäure getauchten Platinſtiel reizte. Jedoch müſſen künftige Erfahrungen in Betreff dieſer Punkte, wie rückſichtlich der näheren Localiſationsverhältniſſe überhaupt ſpecieller entſcheiden.

In einzelnen Reizverſuchen glaubte ich noch einen Einfluß des N. trigeminus und bei der Katze auch einen ſolchen des N. oculomotorius auf die Bewegungen des Zwölffingerdarmes und des oberen Theiles des Dünndarmes zu beobachten. Dieſe Experimente mißlingen aber in den bei weitem meiſten Fällen. Nach Klencke [1]) ſoll ſogar das Ganglion ciliare des Kaninchens auf den Zwölffingerdarm einwirken.

Die Wirkung der Wurzelfäden des Sympathicus giebt ſich auch noch 1458
durch die Beziehungen des Ganglion cervicale supremum zu den Verhältniſſen der Pupille deutlich zu erkennen. Wir haben ſchon früher (§. 1414) geſehen, daß die Durchſchneidung des gemeinſchaftlichen Halsſtammes des Vagus und Sympathicus des Hundes, wie Petit zu Anfange des vorigen Jahrhunderts zuerſt bemerkte, eine Verkleinerung der Pupille nach ſich zieht. Sie erfolgte bei meinen Verſuchen nicht unmittelbar nach der Trennung des Nervenſtammes, ſondern ungefähr eine Minute ſpäter, ſchritt aber dann ſehr raſch bis zu ihrem Maximum vor und erhielt ſich auf dieſem Jahre lang, wenn keine Wiedererzeugung des Nerven Statt fand. Man kann daher vermuthlich mit Recht nach Arnold den Wiedereintritt der Normalverhältniſſe der Pupille als ein äußeres Kennzeichen der Regeneration des Vagus und Sympathicus betrachten. Dieſe Starrheit des Sehloches erhält ſich auch dann, wenn ein blendendes Licht ins Auge fällt oder die wäſſerige Feuchtigkeit abgezapft wird. Die letztere Operation bedingte aber bei einem Hunde, wo ſich die Wiedererzeugung einleitete, eine geringe Erweiterung des kranken Sehloches.

Deutlicher nnd belehrender geſtalten ſich die Verhältniſſe bei ſchwar-

[1]) H. Klencke Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie, Physiologie, Mykrologie und wissenschaftlichen Medicin. Bd. I. Leipzig, 1843. 8. S. 12.

zen oder halbſchwarzen Kaninchen. Dringt man auf ähnliche Weiſe, wie dieſes für die Durchſchneidung des Glossopharyngeus angegeben worden, möglichſt unblutig bis zu dem oberſten Halsknoten des Sympathicus und dem zweiten Ganglion des Vagus vor [1]), ſo kann man ſich leicht überzeugen, daß die bloße Verletzung der Stämme dieſer Nerven gar nicht oder wenigſtens inconſtant auf die Pupille einwirkt. So wie man dagegen den zweiten Vagusknoten (das Analogon des Plexus ganglioformis des Menſchen) ausgeſchnitten, verkleinert ſich das Sehloch, doch nicht in dem Grade wie bei Hunden, ändert immer ſeine runde Form in die länglichrunde um und wird vorzüglich an ſeinem oberen Rande oder ſeinem oberen und vorderen Theile winkelig oder geradlinigter begrenzt. Eben ſo erſcheint es nach Exſtirpation des oberſten Halsknotens des Sympathicus kleiner, länglich und häufig mehr nach unten zu eckig. Dieſe Veränderungen laſſen ſich auch bisweilen an friſch getödteten Kaninchen durch Reizung der genannten Gebilde hervorrufen.

Legt man bei einem anderen Kaninchen des Ganglion cervicale supremum N. sympathici bloß und umſchnürt die weichen Nerven deſſelben nebſt der Hirncarotis mit einer Ligatur, ſo erfolgen die gleichen Veränderungen, wie nach der Exſtirpation des genannten Knotens. Ich beobachtete ein ſchwarzes Kaninchen der Art zwei Monate lang. Die verkleinerte länglich runde, unten zugeſpitzte Pupille blieb die ganze Zeit über unverändert. Wurde die wäſſerige Feuchtigkeit abgezapft, ſo trat eine bedeutende Erweiterung des kranken Sehloches ein, während es ſich ſonſt bei geſunden Augen in dem gleichen Falle verengert. Es ſtellte ſich aber weder eine Röthung noch eine merkliche Vermehrung der Schleimabſonderung der Bindehaut ein. Beiderlei Symptome dagegen treten nach dem Ausſchneiden des oberſten Halsknotens des Sympathicus bei Hunden hervor (Dupuy, Magendie, v. Pommer, Reid). Ein Hund, dem ich den Vagus-Sympathicusſtamm ſo hoch als möglich durchſchnitten hatte, zeigte noch nach einigen Monaten eine ſo vermehrte Schleimabſonderung, daß fortwährend weißliche zähe Maſſen zum Auge heraustraten und ſich im inneren Augenwinkel anhäuften. Zu gleicher Zeit ſcheint auch die Thränenabſonderung vergrößert zu ſein. Häufig wird dann das dritte Augenlid auf eine auffallende Weiſe nach dem äußeren Augenwinkel zu vorgezogen.

Am entſcheidendſten ſind die Verſuche, welche ſich auf die bloße Trennung der entſprechenden Wurzelgebilde beziehen. Legte ich bei einem Kaninchen den zweiten Knoten des Vagus bloß und durchſchnitt die Wurzelfäden, welche in ſeine Hinterſeite eintreten, mit einer feinen Scheere, ſo wurde die Pupille kleiner, länglich und oben winkelig. Die Durchſchneidung des Halsſtammes des herumſchweifenden Nerven unterhalb des genannten Ganglion hatte dieſen Erfolg nicht. Eben ſo blieb die Pupille unverändert, wenn man den freien Halsſtamm des Sympathicus trennte, erlitt aber die oben geſchilderten Modificationen, ſobald ich wieder die an

[1]) Die näheren Vorſchriften für dieſe Operation ſ. de functionibus nervorum p. 110.

der äußeren und hinteren Seite deſſelben eintretenden Wurzelbündel verletzt hatte.

Dieſe Thatſachen lehren, daß die Regenbogenhaut des Auges ihre Primitivfaſern nicht bloß von dem Oculomotorius und Trigeminus, ſondern auch aus den oberſten Halsnerven bezieht. Die letzteren Nerven treten in die Knoten des Vagus und Sympathicus ein, ſteigen in den weichen Nerven mit der Hirncarotis empor und gelangen von da wohl unzweifelhaft durch den Trigeminus, Abducens oder die Sympathicuswurzeln in den Augenknoten und die Ciliarnerven. Die oben erwähnten Detailverſuche beweiſen aber, daß dieſe Nervenfaſern, obgleich ſie durch die genannten Ganglien verlaufen, den weſentlichen Geſetzen der Leitung, gleich anderen Cerebroſpinalfaſern gehorchen. 1459

Die eben erläuterten Erſcheinungen finden auch auf den Menſchen, wie einzelne Krankheitsfälle lehren, ihre Anwendung. Nennen wir nämlich die bewegenden Faſern, welche aus den verſchiedenen Hirnnerven zur Iris gelangen, die Cerebral-, diejenigen dagegen, welche aus den Halsnerven emporſteigen, die Spinalquelle derſelben, ſo haben wir auch bei uns nach Lähmung der letzteren eine Verkleinerung der Pupille. Eben ſo iſt bei einzelnen Kranken die entgegengeſetzte Reaction das Sehloches beobachtet worden. Es erweiterte ſich nämlich bei einfallendem hellen Lichte, ſtatt ſich zu verengen, und umgekehrt [1]).

Der Sympathicus bezieht mithin ſeine ächten Nervenfaſern aus einzelnen Hirn- und den ſämmtlichen Rückenmarksnerven, läßt ſie durch ſeinen Grenzſtrang und ſeine Knoten hindurchgehen und in ſeinen Zweigen peripheriſch verlaufen und verhält ſich auf dieſe Weiſe als ein Cerebroſpinalnerv, der ſich nur durch den Reichthum ſeiner verſchiedenen Wurzelquellen von den anderen Hirn- und Rückenmarksnerven unterſcheidet und durch die ſymmetriſche Vertheilung und die Häufigkeit ſeiner Ganglien auszeichnet. Daß auch in dieſen ächte Nervenfaſern entſpringen, wird durch die mikroſkopiſche Unterſuchung widerlegt. Wäre aber auch dieſes der Fall, ſo könnte der Sympathicus kein geſondertes Syſtem ausmachen, weil die Structur ſeiner Ganglien nicht weſentlich von dem Baue derjenigen der übrigen Cerebroſpinalnerven abweicht und höchſtens eine Eigenthümlichkeit aller Ganglien unſeres Körpers hieraus reſultirte. Das tiefe Dunkel, welches die Thätigkeit des Sympathicus einhüllt, kehrt daher auch nicht minder in Betreff der übrigen Nervenknoten unſeres Körpers wieder. 1460

Function der Ganglien. — Dreierlei eigenthümliche Verhältniſſe vereinigen ſich, um die weſentlichen Eigenthümlichkeiten dieſer Theile des peripheriſchen Nervenſyſtems zu bedingen. 1) Die eintretenden Nervenfaſern bilden ein Geflecht. Es müſſen daher hier dieſelben uns noch unbekannten Vortheile, welche die Plexus der Nerven darbieten, zu Stande kommen. 2) Zwiſchen ihnen liegen die Nervenkörper, während 3) die Scheidenfortſätze derſelben die ein- und austretenden Nervenfaſern oder die letzteren allein eine Strecke weit, nicht aber längs ihres ganzen Verlaufes verbreiten. Bis jetzt war es nicht möglich, einen ſpeciellen, den 1461

[1]) De functionibus nervorum p. 113.

übrigen Geſetzen der Neurophyſiologie entſprechenden Nutzen der Ganglienkugeln und der Scheidenfortſätze zu ermitteln. Es iſt ſogar noch nicht bekannt, auf welche Weiſe ſie an den Nerven der höheren Thiere während ihres ferneren Verlaufes aufhören. Bei dem Froſche glaube ich in einem Falle mit Beſtimmtheit geſehen zu haben, daß ſie ſpäter umbiegen und zurückkehren [1]). Was aber die Paradoxie noch vermehrt, iſt der Umſtand, daß ſie bisweilen nur an benachbarte Faſerhäute, wie ſchon von den Jugularknoten des Zungenſchlundkopfnerven angeführt worden, verlaufen und ſo zur bloßen Anheftung des Ganglion zu dienen ſcheinen. Ihre übrigen Verhältniſſe deuten jedoch klar darauf hin, daß ihnen auch ein höherer Nutzen zukomme.

1462 Die unmittelbare Erfahrung lehrt, daß die Ganglien Hemmungsapparate für die Leitung mäßiger ſenſibler Reize und des Einfluſſes des Willens auf motoriſche Theile bilden. Da aber ſehr ſtarke Irritamente äußerſt heftige ſenſible Wahrnehmungen, wie wir ſahen, veranlaſſen können, ſo wird jene Aufhebung der Zuleitung der Schmerzensempfindung zu dem Selbſtbewußtſein nur relativ. Dagegen iſt ſelbſt die größte Kraft des Willens außer Stande, die unwillkürlich beweglichen Eingeweide, wie das Herz, den Magen, die Gedärme u. dgl. zu beherrſchen. Abſtrahiren wir von dieſen Thatſachen, deren wiſſenſchaftliche Erklärung übrigens ebenfalls noch mangelt, ſo läßt ſich keine andere Hypotheſe, welche rückſichtlich der Thätigkeit der Ganglien aufgeſtellt worden, definitiv beweiſen.

1) Da die Ganglienkugeln eine ſo große Geſtaltähnlichkeit mit den Elementen der grauen Subſtanz des centralen Nervenſyſtemes darbieten, ſo hat es theoretiſch ſehr viel für ſich, daß in den Ganglien eine ähnliche Uebertragung der Reize von einer Faſer auf die andere, wie in dem Hirn- und Rückenmark Statt finde. Die bisherigen Erfahrungen aber ſcheinen eher gegen als für eine ſolche Anſicht zu ſprechen. Zuvörderſt zeigen uns die Knoten der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven, daß in ihnen keine Mittheilung von einer ſenſiblen Faſer auf eiue benachbarte Statt findet. Denn wäre dieſes der Fall, ſo könnten wir nicht einen Nadelſtich an einem Punkte empfinden: wir müßten ihn vielmehr an vielen zugleich wahrnehmen. Daſſelbe gilt wahrſcheinlich auch für die motoriſchen Faſern. Man hat zwar in dieſer Beziehung als Gegenverſuch angeführt, daß die Betupfung des Ganglion coeliacum mit einem zugeſpitzten Stückchen Höllenſtein an jeder beliebigen Stelle an verſchiedenen entfernten Punkten zugleich auftretende Bewegungen der dünnen Gedärme veranlaßt (Kürſchner) [2]). Bedenkt man aber, daß ſich die verſchiedenartigſten Primitivfaſern in dem Sonnenknoten unter einander verflechten und der ſich leicht in der Ernährungsflüſſigkeit deſſelben auflöſende Höllenſtein über die Rei-

---

[1]) Repertorium Bd. VIII. S. 125.

[2]) Marshall Hall's Abhandlungen über das Nervensystem. Aus dem Englischen mit Erläuterungen und Zusätzen von G. Kürschner. Marburg, 1840. 8. S. 182.

zungsſtelle verbreitet, ſo wird man keine Beweiskraft irgend einer Art dieſem Verſuche zuſchreiben können.

Eben ſo wenig exiſtirt ein definitiver Beleg der Hypotheſe, daß ſich auch in den Ganglien der Reiz einer ſenſiblen Faſer, wie dieſes in dem centralen Nervenſyſteme geſchieht, auf eine motoriſche übertrage. Ein mit der Pincette gedrücktes Darmſtück zieht ſich zwar ſelbſt nach der Zerſtörung des Rückenmarkes zuſammen. Allein dieſes Reſultat kommt auch zu Stande, wenn es dicht am Gekröſe abgeſchnitten worden und mithin an ihm keine Ganglien mehr, wenigſtens nach unſeren gegenwärtigen Kenntniſſen, vorhanden ſind. Minder entſcheidend iſt die Fortdauer der Pulſation des völlig ausgeſchnittenen Herzens, weil hier vielleicht noch nach den Beobachtungen von Remak mikroſkopiſche Ganglien innerhalb deſſelben exiſtiren. Volkmann [1]) führte zu verſchiedenen Zeiten aus dem Froſche zwei Verſuche an, von denen der eine gegen, der andere für die Reflexthätigkeit der Ganglien ſprechen ſollte. Allein beide geſtatteten ebenfalls keine ſicheren Schlußfolgerungen. Enthauptet man nämlich einen Froſch und reizt eine Stelle des Darmcanales, ſo verbreitet ſich die dadurch erzeugte Bewegung über die Angriffsſtelle hinaus. Sie bleibe dagegen nach Zerſtörung des Rückenmarkes auf die Angriffsſtelle und deren Nachbarſchaft beſchränkt. Wäre dieſe letztere Angabe richtig, ſo würde ſie allerdings gegen die Reflexthätigkeit zeugen. Allein man kann häufig ſehen, daß die weitere Verbreitung der Bewegungen nicht bloß nach Zermalmung des Rückenmarkes, ſondern auch an völlig ausgeſchnittenen Darmſtücken erfolgt. (Vgl. §. 688.) Eben ſo wenig beweiſt ein anderer Verſuch von Volkmann [2]) die Reflexthätigkeit der Ganglien. Brachte er nämlich eine Wachskugel in den Schlund eines Froſches, dem Gehirn und Rückenmark entfernt worden, ſo fand er ſie nach einiger Zeit im Magen. Die Bewegung, welche ſo langſam vor ſich ging, daß ſie nicht mit freiem Auge verfolgt werden konnte, hing daher nach der Anſicht dieſes Forſchers von dem Sympathicus ab. Bedenkt man aber, daß die Richtung der Flimmerbewegung im Froſche von dem Munde nach dem Magen hingeht, ſo wird man ſie eher und keine beſondere Nerventhätigkeit als die Urſache jener ſo äußerſt langſamen Fortbewegung der Kugel betrachten. Dieſe kann übrigens noch nach Zerſtörung des centralen Nervenſyſtemes die Muskelhaut örtlich durch Druck reizen und Einſchnürungen in ihrer Nachbarſchaft, die auch von Volkmann beobachtet worden, veranlaſſen.

Dagegen ſcheinen einzelne Erfahrungen, welche die Abſonderungsorgane und die Blutgefäße darbieten, darauf hinzudeuten, daß allerdings Reflexerſcheinungen in dieſen und anderen contractilen Gebilden ſelbſt nach der Trennung von dem centralen Nervenſyſteme möglich ſind. Beſtreicht man die ganz unempfindliche Bindehaut von Thieren, denen der dreigetheilte Nerv durchſchnitten worden, mit dem Finger, ſo füllen ſich nicht ſelten die Blutgefäße ſo ſtark, daß ſich ganze Strecken der Conjunctiva röthen. Der Thränenfluß vermehrt ſich zu gleicher Zeit in hohem Grade.

---

[1]) Müller's Archiv. 1838. S. 28. [2]) Müller's Archiv. 1841. S. 358.

Analoge Erſcheinungen kehren auch bei dem Menſchen wieder. Die Ganglienkugeln mit ihren Scheidenfortſätzen ſpielen vielleicht für dieſe Gewebe eine eigenthümliche, uns jedoch noch gänzlich unbekannte Rolle.

2) Eben ſo wenig läßt ſich der Satz durchführen, daß die Ganglien eine durchaus nothwendige Beigabe der Blutgefäße oder der drüſigten Abſonderungsorgane ſeien. Die erſteren und vorzüglich die Aorta mit ihren Hauptäſten, die Pfortader, die Milz- und die Nierengefäße u. dgl. werden allerdings in der Bruſt- und der Bauchhöhle von zahlreichen gangliöſen Geflechten umſtrickt. Das Gleiche iſt mit der gemeinſchaftlichen und der Hirncarotis und deren Theilungen der Fall. Allein alle größeren Ganglienbildungen fehlen den Intercoſtalarterien, den epigaſtriſchen Schlagadern und den Arterien der Extremitäten, während ſich ihre Nerven dem freien Auge bald grau, bald rein weiß darſtellen. Die vereinzelten Primitivfaſern endlich, welche feinere Blutgefäße nicht ſelten begleiten, ſtimmen ihrem Anſehen nach mit gewöhnlichen Cerebroſpinalfaſern überein. Eben ſo haben zwar manche Drüſen, wie z. B. das Pankreas, die Nieren, nur graue Nerven mit Ganglien, während wieder andere, wie z. B. die Unterkiefer- und die Unterzungendrüſe, mit beſonderen Ganglien verſehen ſind. Allein die Thränendrüſe und vorzüglich die Parotis, die Bruſtdrüſe, die Meibomiſchen, die Ohrenſchmalz- und die Hautdrüſen beſitzen weder die eine noch die andere Nervenformation. Endlich finden ſich in den ſeröſen Häuten feine Cerebroſpinalfaſern, die mit keinen Nervenkörpern belegt ſind.

1463 Andere Hypotheſen, wie z. B. die, daß die Ganglienkugeln zur Ernährung oder zur Erkräftigung der Nervenfaſern dienen, haben nach unſeren gegenwärtigen Kenntniſſen keine hinreichende Erfahrungsgrundlage und ſtoßen ſchon auf die Schwierigkeit, daß die motoriſchen Bündel der Rückenmarksnerven, wenn ſie nicht in den Sympathicus oder einzelne Hirnnerven eintreten, gar keine Ganglien durchſetzen.

1464 Wollen wir daher nicht dem Principe, nur das Factiſche zu berückſichtigen, untreu werden, ſo müſſen wir offen geſtehen, daß der gegenwärtige Stand der Phyſiologie und Pathologie den Nutzen der Ganglienkugeln und der Scheidenfortſätze derſelben nicht einmal anzudeuten vermag. Dieſes Bekenntniß iſt jedenfalls beſſer, als die Annahme unrichtiger oder nicht baſirter Hypotheſen.

Es wird auch natürlich nicht unter dieſen Verhältniſſen möglich ſein, das Geringſte in Betreff der phyſiologiſchen Verhältniſſe der an einzelnen Körpernerven ausnahmsweiſe vorkommenden Knoten oder der ſogenannten wandelbaren Ganglien anzugeben. Dieſe Gebilde ſind übrigens in den meiſten Fällen gar nicht mikroſkopiſch unterſucht worden, ſo daß noch vorläufig ihre Natur dahingeſtellt bleiben muß. Daſſelbe gilt auch von den von Schiffner, Wutzer, Serres und Günsberg beſchriebenen Leichen, in welchen die meiſten Körpernerven Anſchwellungen der Art darboten. Nur in dem hierher gehörenden Falle von Biſchoff und Knoblauch fanden ſich Scheidenfortſätze und ſehr blaſſe, weiche und daher nicht iſolirbare Ganglienkugeln. Siehe A. Knoblauch de Neuromate et Gangliis accessoriis veris, adjecto cujusvis generis casu novo atque insigni. Francofurti ad Moenum. 1843. 4. p. 30. 31.

1465 Einfluß des peripheriſchen Nervenſyſtemes auf die Ernährungserſcheinungen. — Vielfache Thatſachen beweiſen deutlich,

daß die peripheriſchen Nerven einen weſentlichen Einfluß ſowohl auf die Abſonderungsorgane, als die Blutgefäße und die Ernährung der Theile überhaupt ausüben können. Allein ſo offen auch die hierher gehörenden Facta vor Augen liegen, ſo wenig läßt ſich bis jetzt eine vollkommen genügende Theorie derſelben liefern. Den beſten Beleg hierfür bildet der Umſtand, daß in manchen Fällen die Folgen, welche ſcheinbar dieſelben Nervenſtörungen ausüben, ſehr verſchiedenartig ausfallen und bald gleich Null ſind, bald hingegen eine vollkommene Desorganiſation der Theile bedingen.

Wir fanden früher, daß die periſtaltiſchen Bewegungen einzelner 1466
Hauptausführungsgänge von Drüſen, wie des Gallen- und Samenganges, des Harnleiters von der Thätigkeit motoriſcher Nerven abhängen. Eben ſo veranlaßten ſenſible Reize Reflexbewegungen der Drüſencanäle. Wir können hieraus mit Recht folgern, daß die Innenhaut derſelben ſenſible, die Mittelhaut motoriſche Faſern beſitze, deren Wirkung von dem Bewußtſein unabhängig iſt.

Verſuchten wir den Verlauf dieſer Nervenfaſern näher zu beſtimmen, ſo ließe ſich der Analogie nach annehmen, daß die rein ſenſiblen Nervenſtämme auch empfindende, die muskulomotoriſchen bewegende Faſern den Drüſengängen mittheilen. So anſprechend aber auch dieſe Vermuthung ſein mag, ſo wenig läßt ſie ſich definitiv beweiſen. Drüſen, wie die Leber, das Pankreas, die Nieren, die Hoden, die Proſtata, die Brüſte, die ihre Nervenfaſern aus gemiſchten Zweigen beziehen, eignen ſich natürlich zur Beurtheilung der Sache nicht. Dagegen empfängt die Parotis einerſeits Reiſer von den ſenſiblen Geſichtsäſten des Trigeminus und anderſeits von den motoriſchen des Facialis; die Unterkiefer- und Unterzungendrüſe wird in gleicher Art von Zweigen des erſteren, ſo wie von ſolchen des N. N. facialis und hypoglossus verſorgt. Hier ſcheint daher eine vollkommene Parallele mit den Nerven der Haut und den rothen Muskeln Statt zu finden. Anders dagegen geſtalten ſich z. B. die Verhältniſſe der Thränendrüſe. Sie bezieht bei Weitem die größte Zahl ihrer Nervenbündel aus dem R. ophthalmicus N. trigemini, der ſich in ſeinen übrigen Verbreitungen als ein ſenſibler Nerv zu erkennen giebt. Ob er aber inſofern gemiſcht iſt, als er auch motoriſche Faſern der Thränendrüſe zuführt, oder ob dieſe vom Oculomotorius kommen, bleibt dahingeſtellt. Die Zweige, welche die Meibomiſchen Drüſen, die Thränencarunkel, die Fettdrüſen der Haut und die Schleimdrüſen der inneren Membranen beherrſchen, müßten in gleicher Weiſe gemiſcht ſein.

Können wir aber theoretiſch mit Recht annehmen, daß jede Drüſe 1467
ſenſible und motoriſche Faſern beſitzt, ſo nöthigt uns die Erfahrung, auch ihnen dieſelbe Emancipation von dem Bewußtſein, die den Nerven des Darmes zukommt, zuzuſchreiben. Die Reize, welche ihre centripetalen Primitivfaſern oder die benachbarter Organe treffen, werden aufgenommen und veranlaſſen Bewegungen, ohne daß wir uns hierbei direct mit unſerem Willen betheiligen. Auf dieſe Weiſe thränt z. B. unſer Auge bei Affectionen der Bindehaut, läuft der Speichel im Munde zuſammen,

wenn wir eſſen, wird Samen herausbefördert, ſobald ein Geſchlechtsreiz Statt findet. Da nun die Thränendrüſe und die Mundſpeicheldrüſen, die Brüſte, die Hautdrüſen u. dgl. Nervenfaſern empfangen, von denen ein großer Theil entweder durch gar keine oder durch verhältnißmäßig nicht zahlreiche Ganglienbildungen hindurchgegangen iſt, ſo ließe ſich hieraus vielleicht vermuthungsweiſe ſchließen, daß nicht ſie allein, ſondern auch die Beſchaffenheit der peripheriſchen Gewebtheile und der Faſerverlauf in dem centralen Nervenſyſteme jene Befreiung von den Einflüſſen des ſelbſtbewußten Ich bedingen. Auf gleiche Art können wir ja auch keinen einfachen Muskel willkürlich bewegen.

Indem man den Sympathicus oder das Ganglienſyſtem als den beſonderen Vermittler der vegetativen Proceſſe betrachtete, ſuchte man dieſem entſprechend die Abſonderungsorgane ſeiner Herrſchaft unterzuordnen. Man bemühte ſich daher, ſeine aus Ganglien ſtammende Fäden in Drüſen, die ſonſt von weißen Nerven verſorgt werden, zu verfolgen. Hierher gehören z. B. die Reiſer, welche aus dem Augenknoten in die Thränendrüſe, diejenigen, welche aus dem Ganglion linguale in die Unterkiefer- und Unterzungendrüſe, von den weichen Nerven der benachbarten Gefäßſtämme in die Parotis ſtreichen. Da ſich aber dieſe Fäden in Verhältniß zu der Zahl der weißen Nervenbündel der genannten Drüſen in einer bedeutenden Minderheit befinden, ſo widerſtreitet es den bekannten Geſetzen der Nervenphyſiologie, nur ſie als die Leiter des Secretionsproceſſes anzuſehen und die anderen zahlreicheren Nervenfaſern außer Acht zu laſſen. Auch hier iſt das Bekenntniß der Unwiſſenheit der ganzen Einrichtung beſſer, als die Annahme einer Hypotheſe, von deren Gründen wir doch keine Rechenſchaft geben können.

1468 Die Nervenfaſern einer Drüſe können die Entfernung des Secretionsproductes durch Vermehrung der Contractilität der Drüſengänge beſchleunigen und hierdurch die Abſonderung ſelbſt indirect vergrößern. Das Weinen nach Nerveneinflüſſen, die bedeutendere Menge ausfließenden Speichels nach entſprechenden nervöſen Anregungen, die vermehrte Gallenabſonderung, welche nach gewiſſen Hirnreizen, wie wir ſpäter ſehen werden, erfolgt, die Verſtärkung der Thränen- oder Speichelabſonderung nach chemiſcher Reizung der Bindehaut oder der Mundſchleimhaut liefern unmittelbare Belege hierfür. Wie aber die letzteren Beiſpiele lehren, braucht keineswegs der veranlaſſende ſenſible Reiz die Drüſe ſelbſt, ſondern nur ihre Nachbartheile, wenn ſie mit ihr in inniger Beziehung ſtehen, zu treffen, um die erwähnten Erfolge hervorzurufen. Das auf ſolche Art vermehrte Secret ſcheint wäſſeriger, ſonſt dagegen nicht weſentlich verändert zu ſein. Daß es aber, wenn ein galvaniſcher Strom als Irritament gebraucht worden, Zerſetzungen darbieten müſſe, verſteht ſich von ſelbſt.

1469 Dieſe Einflüſſe, welche die Nerven auf die Tonicität und Poroſität der Drüſengänge und der Blutgefäße derſelben möglicher Weiſe ausüben, werden noch tiefer eingreifen, weil dann die chemiſche Beſchaffenheit des Abſonderungsproductes anders ausfallen muß. Es können z. B. in ſolchen Fällen Proteinkörper, wie Eiweiß, die ſonſt in den Abſonderungsflüſſigkeiten mangeln, in ihnen auftreten. Das Nähere dieſer Verhältniſſe wurde ſchon §. 453 angeführt.

1470 Endlich wäre es noch denkbar, daß das Nervenfluidum ſelbſt chemiſch zerſetzende Kräfte beſitzt, ungefähr wie die Elektricität mit elektrolytiſchen Eigenſchaften ausgeſtattet iſt. Die einzige Erfahrung, die zu Gunſten dieſer

Hypotheſe gedeutet werden könnte, iſt die Thatſache, daß die Milch nach heftigen Gemüthsaufregungen der Mutter ſchädlich wirkt und bisweilen der Speichel ſehr erzürnter Perſonen ſehr giftig werden ſoll. Da jedoch ſelbſt dieſe Metamorphoſen der Secrete von einer Veränderung der Poroſität der Drüſengänge und Blutgefäße und der Zuſtrömung des Blutes herrühren können, ſo läßt ſich behaupten, daß kein einziges der bis jetzt bekannten Facta eine unmittelbare chemiſche Wirkung der Nerven mit Sicherheit anzeigt.

Die Abſonderung der Thränen hört bei Thieren nicht auf, man möge den N. oculomotorius oder den N. trigeminus durchſchnitten haben, und dauert auch noch fort, wenn ſelbſt im letzteren Falle das Auge total erblindet oder gar ausgelaufen iſt. Dagegen kommen einzelne Fälle von Unempfindlichkeit der Oberfläche des Bulbus des Menſchen vor, in welchen die Bindehaut trüb und hornartig trocken wird und mithin die auf derſelben ſonſt vorhandenen Flüſſigkeiten größtentheils oder gänzlich fehlen. Eben ſo wurde ſchon früher angeführt, daß die Ausſonderung des Mundſpeichels bei einzelnen Lähmungen des Facialis vermindert ſein ſoll.

Nach Durchſchneidung der Vagi findet ſich ein röthlicher Schaum, der bisweilen geradezu Blutſtreifen enthält, in den Bronchien und den Lungenbläschen. Die emphyſematiſche Ausdehnung und ſelbſt die Ruptur der letzteren, welche in Einzelfällen beobachtet wird, kann nicht bloß eine Folge der Lähmung der Contractilität derſelben, ſondern auch der außerordentlichen Athmungsanſtrengungen, welche nach der Operation eintreten, bilden. Die Schleimhaut zeigt ſich zu gleicher Zeit nicht ſelten geröthet. Feinere Gefäße derſelben ſind ſtark ausgedehnt und mit ſtockendem Blute gefüllt. So wie jene oben erwähnte blutigſchleimigte, mit vielen Luftblaſen mechaniſch imprägnirte Secretion in bedeutender Menge vorhanden iſt, fehlt zugleich das Flimmerepithelium. Eben ſo ſcheint auch dann das Epithelium des Magens aufgelockerter zu ſein. Es löſt ſich wenigſtens ſehr leicht los und hängt nicht ſelten, z. B. bei Kaninchen, in einzelnen ſchleimigten Lappen an der Außenfläche des großen Speiſeballens, der in ihm enthalten iſt. Daß die Abſonderung eines ſaueren und mit den gewöhnlichen Auflöſungskräften verſehenen Magenſchleimes fortdauert, haben wir früher ſchon geſehen.

Der Einfluß der Nerven auf die Thätigkeit der Leber wird dadurch bewieſen, daß Verletzungen des großen Gehirns und vorzüglich des Balkens und Gewölbes, wie wir in der Folge finden werden, die Gallenabſonderung vermehren und ſelbſt bei Kaninchen galligtes Erbrechen und Durchfall hervorrufen. Aehnliche Folgen zeigen ſich auch bekanntlich bei dem Menſchen nach heftigen Gemüthsbewegungen. Eben ſo deuten die Erfahrungen der Pathologie darauf hin, daß eine krampfhafte Affection der Gallengänge den Austritt der Galle hemmt. Wenn aber ihre Excretion bei Kaninchen, deren Pfortader unterbunden oder nur momentan umſchnürt worden, aufhört, ſo iſt dieſe Erſcheinung weit eher auf die Störung des Blutlaufes und die heftige Entzündung, als die unmittelbare Einwirkung der Nerven zu beziehen.

Die Nervenzweige, welche die Gefäße der Nieren begleiten und in dieſe eindringen, ſind von verſchiedenen Forſchern durchſchnitten oder in der Art angegriffen worden, daß man eine Ligatur feſt herumſchnürte und nach einiger Zeit wieder loslöſte. Wenn aber die nach ſolchen Operationen zum Vorſchein gekommenen Reſultate nicht ganz übereinſtimmend ausfielen, ſo dürfte die Verſchiedenheit der Größe des nachfolgenden Entzündungsproceſſes die weſentlichſte Urſache dieſer Abweichungen bilden. Brachet [1]) fand bei Hunden, denen er ein Stück der Nierenarterie und mithin auch die auf ihr verlaufenden Nerven ausgeſchnitten und das Fehlende durch eine eingefügte Kanüle erſetzt hatte, daß die Secretion des Harnes fortdauerte, der gelieferte Urin aber blutig gefärbt erſchien. Joh. Müller und Peipers [2]) ſchnürten die Nierengefäße zu, löſten dann

---

[1]) J. L. Brachet Récherches expérimentales sur les fonctions du système nerveux ganglionaire et sur leur application à la pathologie. Deuxième édition. Paris, Lyon et Montpellier, 1837. 8. p. 322. 27.

[2]) Joh. Müller Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 463.

wiederum die Ligatur und leiteten den durchſchnittenen Ureter zur Bauchwunde heraus. Die Harnabſonderung ſtockte meiſtentheils, erhielt ſich dagegen bei einem Schaafe. Der Urin war in dem letzteren Falle blutig und führte nach der Unterſuchung von Wittſtock Hippurſäure. Conſtanter dagegen zeigte ſich eine Erweichung des Nierengewebes. Ich fand die letztere Erſcheinung weder bei dem Schaafe noch bei dem Kaninchen [1], dagegen zeigt ſich beſtändig, daß die Capillaren der Nieren ſtark ausgedehnt und mit Blut gefüllt ſind. Das Organ erhält daher nicht ſelten eine blauſchwarze Farbe und erſcheint, wenn die Harnabſonderung ſtockte, derb und feſt, wenn ſie aber noch vor ſich ging, weich und ſchlaff. Bisweilen concentrirt ſich auch die Congeſtion auf einzelne Strecken des Nierengewebes, die ſelbſt dann Blutextravaſate darbieten, während andere blaß und weich ſind. Hat man die Operation nur an einer Niere vorgenommen, ſo treten ähnliche Folgen wie nach der Exſtirpation derſelben hervor, d. h. die geſunde Niere ſondert mehr ab, wird daher ſchwerer, und ihre Harnkanälchen zeigen durchſchnittlich größere Durchmeſſer [2]). Dagegen beobachtete ich ebenfalls, daß die Ertödtung der Nierennerven die Bereitung eines blutigen und daher eiweißhaltigen Urins wenigſtens bei Kaninchen zur Folge hat.

Die übrigen Drüſen geſtatteten bis jetzt keine poſitiven Erfahrungen. Iſt z. B. der N. ischiadicus bei dem Menſchen durchſchnitten worden, ſo zeigt ſich wenigſtens nach den bisherigen Beobachtungen keine beſondere Veränderung der Hautſchmiere.

1471 Der Einfluß der Nerven auf die Blutgefäße läßt ſich noch nicht genau beſtimmen. Daß ein ſolcher Statt finde, lehren nicht bloß die Erſcheinung des Erröthens oder der Bläſſe des Geſichtes nach verſchiedenen Gemüthsaffecten, ſondern directe Erfahrungen, welche die Reizung der peripheriſchen Nerven ſelbſt betreffen. Ein junger Mann z. B., der wie die nachfolgende Section bewies, an Caries des Keilbeinkörpers litt und einen Eiterheerd dicht neben der Durchtrittsſtelle des dreigetheilten Nerven durch die harte Hirnhaut hatte, empfand von Zeit zu Zeit die heftigſten neuralgiſchen Schmerzen in der einen Geſichtshälfte. Die Haut der kranken Wange wurde dann auffallend roth, während die der geſunden blaß blieb. Aehnliche Verhältniſſe zeigen ſich nicht ſelten in einzelnen Fällen von Geſichts- oder Zahnſchmerzen. Eben ſo haben wir früher geſehen, daß ſich die Aorta und die hintere Hohlvene des Pferdes nach Reizung der entſprechenden Nerven zuſammenzuziehen ſcheinen, wiewohl natürlich Erfahrungen der Art, indem ſie immer Zweifeln Raum laſſen, keine definitive Beweiskraft beſitzen. Die Capillaren von Theilen endlich, deren Nerven durchſchnitten worden, haben häufig die Geneigtheit, ſich zu erweitern und mehr Blut aufzunehmen. Die cavernöſen Körper des Penis und vorzüglich der Eichel füllen ſich zwar nach der Durchſcheidung des Ruthennerven, welche die Steifung des Gliedes unmöglich macht, dergeſtalt mit Blut, daß dieſe Organe ein bedeutenderes Volumen erhalten und der Penis zum Theil von ſelbſt aus dem Schlauche vorfällt (Günther) [3]). Allein dieſe Erfahrung iſt inſofern nicht ganz rein, als auch die einfachen Muskelfaſern des cavernöſen Gewebes durch die Operation gelähmt werden und auf das Reſultat einwirken müſſen.

Die zahlreichen Nerven, welche ſich zu den Gefäßen begeben, entſpringen wahrſcheinlich immer aus ſenſiblen und motoriſchen Stämmen.

---

[1]) De functionibus nervorum p. 148—50. [2]) Ebendaselbst p. 148.

[3]) J. H. Fr. Günther Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie, Physiologie und Thierarzneikunde. Erste Lieferung. Hannover, 1837, 8. S. 64 fgg.

Sie gehören faſt durchgehends am Halſe, in der Bruſt- und der Bauchhöhle, ſo wie an den Extremitäten gemiſchten Zweigen an. Am Geſichte dagegen z. B. laſſen ſich Fäden des Trigeminus ſowohl, als des Facialis zu jeder größeren Arterie oder Vene verfolgen. Auch hier kehren dieſelben Verhältniſſe wie bei den Drüſengängen wieder. Die ſenſiblen Zweige vermitteln keine bewußte Empfindung, die motoriſchen keine von dem Willen direct beherrſchte Bewegung. Eben ſo wenig läßt ſich behaupten, daß nicht auch im Uebrigen ſenſible Nervenwurzeln motoriſche Gefäßnervenfaſern mit ſich führen. Die ſpäter darzuſtellenden Folgen der Durchſchneidung des R. ophthalmicus N. trigemini z. B. deuten ſogar vielleicht auf ein ſolches Miſchungsverhältniß hin. Daß aber den Blutgefäßen nur motoriſche und gar keine ſenſiblen Faſern zukommen, ſcheint eben ſo ſehr der Analogie mit anderen Theilen als den an ihnen auftretenden Reflexerſcheinungen zu widerſprechen.

Iſt der Hauptnerv eines Gliedes durchſchnitten worden, ſo erleidet 1472
der Kreislauf keine Störung. Die Capillarcirculation des Froſchfußes geht z. B. nach der Trennung des N. ischiadicus, des Hüftgeflechtes, der vorderen, der hinteren oder beider Wurzeln deſſelben ungeſtört vor ſich. Nirgends giebt ſich eine beſtändige und in die Augen fallende Erweiterung oder Verengerung der feinſten Blutgefäßnetze zu erkennen. Eben ſo wenig entſteht eine Störung der Circulation, ſobald man die hinteren Nervenwurzeln der entſprechenden Extremität mechaniſch oder chemiſch reizt.

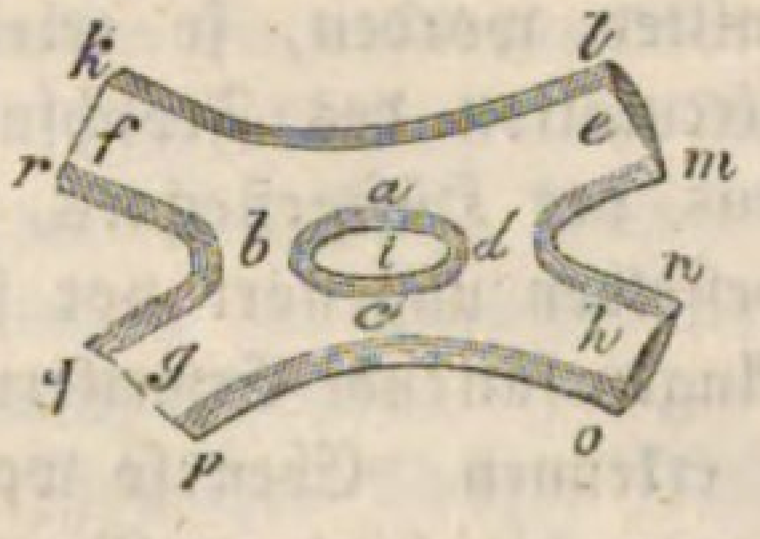
Wird das gelähmte Glied durch Einleitung galvaniſcher Ströme täg- 1473
lich geübt, ſo erhält ſich der Kreislauf Wochen lang. Bleibt es dagegen ſich ſelbſt überlaſſen und mithin unthätig, ſo tritt auch eine locale Verzögerung oder Stockung der Capillarcirculation, ſo wie ſich fernere bald zu betrachtende Desorganiſationen vorbereiten, an einzelnen entſprechenden Stellen hervor. Das Blut hört in den feineren und dann auch in den größeren Gefäßen des Froſchfußes zu fließen auf. Paralyſirte Glieder, vorzüglich gänzlich gelähmte Füße des Menſchen werden an einzelnen Punkten blauroth und zeigen nicht ſelten eine bedeutendere Erweiterung der Venen als im geſunden Zuſtande. Daß das Blut ſolcher Theile heller als ſonſt ſein ſolle, weil es nicht mehr ſo vollſtändig in den Capillaren zur Ernährung diene, ſcheint mehr eine theoretiſche, an und für ſich ſelbſt nicht ganz begründete Folgerung, als eine durch die Erfahrung hinreichend bewährte Angabe zu ſein. Dieſe Zeichen der Stockung des Blutes treten bei Veranlaſſungen, die ſie auch im geſunden Zuſtande begünſtigen, z. B. nach Einwirkung der Kälte, in ausgedehnterem Maaße hervor.

Die eben geſchilderten Erſcheinungen kehren jedoch nicht bei allen Nervenlähmungen ohne Unterſchied wieder. Die Haut des Geſichtes von Menſchen, deren dreigetheilter Antlitznerv gelähmt iſt, erſcheint blaß. Am Auge dagegen kann ſowohl eine Paralyſe des Trigeminus als eine ſolche des oberſten Halsknotens des Sympathicus eine Ueberfüllung der Blutgefäße der Bindehaut veranlaſſen. Eben ſo färbt ſich die Zunge nach Durchſchneidung der R. R. linguales Trigemini oder Hypoglossi nicht ſelten mehr oder minder blau an ihrer Unterfläche oder ihren Rän-

dern. Die Capillaren der Luftröhren- und Lungenſchleimhaut, nicht aber, wie es ſcheint, die der Innenhaut des Magens füllen ſich mit mehr Blut, ſobald die Vagi durchſchnitten werden. Nach Ertödtung der Nierennerven tritt die gleiche Erſcheinung in dieſen harnbereitenden Organen ein. Sie kann jedoch ſchon hier einzig und allein durch die der Operation nothwendig folgende Entzündung veranlaßt werden.

Die Verengerung der Capillaren ſcheint auf den erſten Blick den Ausdruck der Reizung, ihre Erweiterung dagegen den der Paralyſe ihrer Nerven darzuſtellen. Viele Forſcher beziehen daher auch die Durchmeſſervergrößerung der feinſten Blutgefäßnetze, wie man ſie z. B. bei Entzündungen wahrnimmt, auf eine Lähmung der entſprechenden Nerven. Dieſe Annahme iſt jedoch nicht definitiv nachgewieſen. Denn erinnern wir uns, daß die Wandungen der Capillaren verhältnißmäßig ſtarke Längenfaſern, die von einem Gefäßnetze derſelben auf das andere übergehen, beſitzen, ſo kann auch die Erweiterung in Folge der übermäßigen Thätigkeit dieſer Gebilde eintreten. Stellen wir uns die Sache ſchematiſch dar, ſo ſei a b c d ein Capillarnetzchen, welches ſich in e f g h in benachbarte Gefäße fortſetzt. i ſind die Längenfaſern des innerſten Maſchenraumes, k l m n o p q r die der anderen Gefäßwandungen derſelben, ſo muß jede hinreichend ſtarke Verkürzung dieſer Elemente eine Vergrößerung der Gefäßlumina a b c d bedingen. Daſſelbe Reſultat wird aber auch zu Stande kommen, wenn alle Faſerelemente der Capillaren dergeſtalt geſchwächt ſind, daß ſie dem Drucke des Blutes keinen hinreichenden Widerſtand leiſten oder umgekehrt die Herzkraft ſo bedeutend wird, daß ſie die normale Reſiſtenz von jenen bis auf einen gewiſſen Grad überwindet. Dieſes Verhältniß, welches die Erweiterung der Capillaren mit der dadurch nothwendig bedingten langſameren Strömung des Blutes (§. 373), ſowohl als Folge der zu großen als einer zu geringen Contractilität der Wandungen zu Stande kommen läßt, ſcheint es zu erklären, weshalb eine übermäßige Röthung einzelner Körperſtellen nach den entgegengeſetzten Bedingungen der Reizungszuſtände auftreten kann. Die Aufregung des Schreckens und der Furcht bedingt Erblaſſen, die der Schaam dagegen Erröthen. Schon in den erſten Stadien der Entzündung und der Fieberhitze zeigt ſich Erweiterung der Capillaren eben ſo gut als in Folge anhaltender Lähmungen von Theilen, die nicht hinreichend geübt werden.

Fig. 228.



Es ergiebt ſich aus den ſchon angeführten und den ſpäter noch zu erwähnenden Thatſachen von ſelbſt, daß eine vollkommene Nervenlähmung das Zuſtandekommen von Ausſchwitzungen als den Folgen verſtärkter Ausſcheidungen von Proteinkörpern und von Zerſtörungen der paralytiſchen Theile eher begünſtigt als hindert. Was die Entzündungserſcheinungen betrifft, ſo treten ſie mit keiner ſo großen Heftigkeit als in geſunden Organen auf[1]). Wunden haben eine größere Geneigtheit durch Exſudate zu verkleben oder raſch in Gangrän überzugehen, als profuſe Eiterungen zu erzeugen. Hiervon iſt natürlich eine mäßige Bildung wahren Eiters keineswegs ausgeſchloſſen.

Die Urſache dieſer Erſcheinung liegt wahrſcheinlich nicht bloß in den gelähmten Blutgefäßen, ſondern auch in der Paralyſe und dem Mangel an Uebung der übrigen Gebilde. Es wäre daher von Intereſſe, bei einem Säugethiere den Hüftnerven z. B. zu durchſchneiden, dann eine Wunde im Fuße anzubringen und zu ſehen, ob man nicht durch tägliche Galvaniſation des gelähmten Gliedes eine erhöhte Entzündung und Eiterung hervorrufen kann.

1474 Nicht jede Nervenverletzung wird auch nothwendig von krankhaften Ernährungszuſtänden der entſprechenden Theile begleitet. Die Durchſchneidung des Oculomotorius z. B. erregt trotz ihres bedeutenden Ein-

[1]) Siehe die Zuſammenſtellung fremder und eigener mit Naſſe vorgenommener Unterſuchungen in R. Röchling De vi, quam Nervi exercent in inflammationem ejusque exitus. Bonnae, 1834. 8. p. 9 fgg. u. p. 36.

fluſſes auf die Pupille weder eine Entzündung noch andere Nutritions- abweichungen der Regenbogenhaut, während dieſe immer die Trennung des Trigeminus begleiten. Hieraus folgt, daß der gemeinſchaftliche Augen- muskelnerv die Muskulatur, nicht aber die Blutgefäße der Iris verſorgt oder daß die ihre Tonicität bedingenden Faſern in dem dreigetheilten Ner- ven verlaufen. Eben ſo hat nicht nothwendiger Weiſe die Lähmung der drei höheren Sinnesnerven, der Augenmuskelnerven, des Facialis, Glosso- pharyngeus, Accessorius und zum Theil des Vagus und Hypoglossus tiefere organiſche Störungen der ihnen entſprechenden Gebilde zur Folge.

Anders dagegen verhalten ſich Verletzungen des Trigeminus und der einzelnen Rumpfnerven. Schon von vorn herein erzeugen ſich hier nicht ſelten, doch bei Weitem nicht immer flüſſige Ausſchwitzungen, oder die Epithelialbildung geht raſcher vor ſich, ſo daß ſich z. B. die Oberhaut leichter ſchuppt und mit Kruſten bekleidet. Sucht man aber den zahl- reichen und ſcheinbar ſo verſchiedenartigen Erſcheinungen, welche hier auf- treten, eine allgemeinere Norm abzugewinnen, ſo kann ſie dahin feſtgeſtellt werden, daß die gelähmten Organe, welche der freien Einwirkung der Atmoſphäre ausgeſetzt ſind, ihre normale Widerſtandskraft gegen dieſe und vorzüglich gegen die äußeren Einflüſſe der Kälte und des Druckes ver- lieren und leicht unter ſolchen Verhältniſſen geſchwürig und zum Theil zerſtört werden. Dieſe ſecundären Krankheitszuſtände bilden, wie es ſcheint, nicht bloß die einfache Folge der aufgehobenen Innervation, ſondern auch der fehlenden Uebung, zu welcher die paralytiſchen Glieder verurtheilt ſind, der disharmoniſchen Reaction, welche äußere Einwirkungen veranlaſſen, und des Mangels an gehöriger Abwehr der durch ſie verurſachten Schäd- lichkeiten.

Die Zerſtörung der Geruchsnerven von Kaninchen hat keine bemerkliche Ernährungs- krankheit der Naſe zur Folge. Eben ſo lehrt uns die Erfahrung, daß der Sehnerv oder die Netzhaut eines Menſchen vollkommen gelähmt ſein kann, während die einzelnen Theile des Auges ihre Klarheit und Durchſichtigkeit behalten. Wenn aber häufig Ver- dunkelungen der Kryſtalllinſe, Trübungen der Hornhaut, Gefäßerweiterungen der Con- junctiva und innere Erſudate in amaurotiſchen und glaucomatöſen Augen auftreten, ſo dürfen wir nicht vergeſſen, daß wir es hier mit immer weiter um ſich greifenden Ent- zündungsproceſſen und keinen directen und nothwendigen Folgen der Nervenverletzung zu thun haben. Aehnliche Erſcheinungen kommen auch bisweilen nach der Durchſchneidung des N. opticus in der Augenhöhle von Kaninchen und der Verletzung der A. ophthal- mica vor [1]).

Die N. N. Oculomotorius, Patheticus und Abducens bedingen, ſo viel man bis jetzt weiß, keine organiſchen Störungen. Denn wenn auch die entſprechenden Muskeln atro- phiſch werden, ſo läßt ſich dieſes natürlich auf ihren Mangel an Zuſammenziehung redu- ciren. Das Gleiche gilt vom N. facialis. Die paralytiſche Geſichtshälfte iſt blaß, ſchlaff, nicht ſelten gefaltet, und bei längerer Dauer des Leidens aus Mangel an Uebung der Muskeln atrophiſch. Allein ſie zeigt keine primäre Geſchwürsbildung oder Zerſtörung. Wenn das Auge bei einzelnen Kranken der Art verletzt gefunden wird, ſo ſind dieſes ſecundäre Folgen der Muskelverhältniſſe und keine unmittelbaren organiſchen Wirkungen. Da nämlich die Augenlider nicht vollkommen wegen der Lähmung des Orbicularis pal- pebrarum geſchloſſen werden können, ſondern immer unten eine Spalte offen laſſen, ſo gelangen leicht Staubpartikel in den Sack der Bindehaut und reizen dieſe, indem ſie nicht

[1]) De functionibus nervorum p. 14.

vollſtändig fortgeſchafft werden. Es erzeugt ſich auf dieſe Art bisweilen eine Entzündung der Bindehaut, die ſogar eine Trübung der Cornea zur Folge haben kann. Die Durchſchneidung der Glossopharyngei bei Säugethieren hat in den bisherigen Verſuchen keine organiſche Veränderung der Zunge oder des Rachens verurſacht.

Dagegen wirkt kein Hirnnerv mit ſolcher Energie auf die Nutritionsverhältniſſe, als der N. trigeminus. Hat man ſeinen Hauptſtamm oder auch nur ſeinen R. ophthalmicus ohne weitere Nebenverletzung in der Schädelhöhle von Kaninchen durchſchnitten, ſo geht natürlich die Empfindlichkeit der Bindehaut gänzlich oder zu ihrem bei Weitem größten Theile auf der Stelle verloren, während die Pupille ſehr klein wird und in dieſem Zuſtande verbleibt. Allein weder eine organiſche Störung, noch ein Verluſt des Sehvermögens des Auges kommt unmittelbar nach der Operation zum Vorſchein. Dieſes dauert jedoch nicht lange. Denn ſchon nach einigen Stunden beginnt die Bindehaut ſich zu röthen, und alle Erſcheinungen nehmen ſo raſch zu, daß die Oberfläche des Bulbus innerhalb 16 bis 24 Stunden auf eine in die Augen fallende Weiſe verändert wird. Die Conjunctiva entzündet ſich, ihre Oberfläche liefert viel Schleim, der, mit Thränenflüſſigkeit vermiſcht, zum Theil zur Augenlidſpalte heraustritt, und am Geſichte herunterläuft. Das Secret wird bald eiterartig und zäher und geht zuletzt in wahren Eiter über. Mit einem Worte, es zeigen ſich dieſelben Erſcheinungen, welche wir auch bei dem Menſchen in den verſchiedenen Ophthalmoblennorrhöen, wie z. B. der ägyptiſchen, der ſyphilitiſchen Augenentzündung, der der Neugeborenen u. dgl. wahrnehmen. Wie hier ſo häufig das Leiden erſt mit dem Erlöſchen der Sehkraft beendigt wird, ſo findet das Gleiche auch bei jenen Thieren Statt. Im Anfange iſt die Hornhaut an und für ſich durchſichtig und nur an einzelnen Stellen von dem zähen Secret der Bindehaut und der Meibomiſchen Drüſen überzogen. Allein bald wird auch ſie angegriffen. Der erſte unterliegende Theil iſt ihr Mittelpunkt. Hier erzeugt ſich ein Geſchwür, das ſich trichterförmig von außen nach innen einbohrt und mit ſeinem verengerten Grunde gegen die vordere Augenkammer gerichtet iſt. Seine Umgebung trübt ſich immer mehr, und die ganze Hornhaut oder ein großer Theil derſelben nimmt eine milchweiße Farbe an und wird undurchſichtig und leucomatös. Während dieſes geſchieht, erzeugt ſich auch eine wahre Iritis. Die Blutgefäße der Regenbogenhaut füllen ſich, wie man vorzüglich bei Albinokaninchen am deutlichſten bemerkt, auf übermäßige Weiſe mit Blut. Nachfolgende Ausſchwitzungen verkleben die kleine Pupille. Es lagern ſich Erſudate oder wahrer Eiter in dem Grunde der vorderen Augenkammer ab, und es entſteht auf dieſe Art ein vollkommenes Hypopion. Der Proceß ſchreitet in der Regel bei Kaninchen nicht weiter fort. Die Abſonderung der Conjunctiva vermindert ſich alsdann nach und nach und kehrt endlich zu ihrem Normalzuſtande zurück. Allein das Auge iſt wegen des Leucoms der Hornhaut und der Verwachſung der Pupille erblindet. Die Section weiſt nach, daß nur dieſe Krankheitszuſtände die Urſache des Verluſtes der Sehkraft bilden. Denn abſtrahirt man von einzelnen Ausſchwitzungen, die nicht ſelten von der Iris nach der Linſenkapſel hinübergehen, ſo ſind alle anderen Theile des Bulbus geſund. Die Linſe und der Glaskörper erſcheinen hell und durchſichtig. Die Retina zeigt ſelbſt bei der mikroſkopiſchen Unterſuchung nichts Abnormes.

Die Zerſtörung des Auges kann, wie man bei Hunden am beſten ſieht, in noch bedeutenderem Maaße fortſchreiten. Indem ſich nämlich das oben erwähnte Centralgeſchwür immer tiefer einbohrt oder ſich ein vollſtändiges Eiterauge ausbildet, berſtet endlich die Hornhaut. Das Auge läuft aus und verwandelt ſich in einen unförmlichen, ſpäter vernarbenden Stumpf, wie wir dieſes z. B. auch nach den Augenentzündungen der Neugeborenen ſo häufig ſehen. Krankheitsbeobachtungen lehren, daß die gleichen Affectionen des Bulbus nach Lähmung des Trigeminus des Menſchen eintreten und bald ein bloßes allgemeines Leucom der Hornhaut, bald eine gänzliche Zerſtörung des Augapfels veranlaſſen.

Durchſchneidet man den dreigetheilten Nerven dem Gehirn ſo nahe als möglich, mithin hinter dem Gaſſer'ſchen Knoten, ſo treten die genannten Nutritionserſcheinungen nach Magendie und Longet [1]) mit weit geringerer Intenſität auf. Nimmt man dieſe Thatſache als ſicher an, ſo ſchiene hierbei die Thätigkeit des Gaſſer'ſchen Knotens nicht einflußlos zu ſein.

[1]) a. a. O. Tome II. p. 162.

Eine auffallende Röthung der Bindehaut mit Vermehrung der Thränen- und Schleimabſonderung tritt auch nicht ſelten bei Hunden, nicht aber bei Kaninchen nach der Exſtirpation des oberſten Halsknotens des ſympathiſchen Nerven oder der Durchſchneidung des Vagus-Sympathicusſtammes unmittelbar unterhalb deſſelben hervor. Eine wahre Ophthalmoblennarrhö mit Verluſt des Auges konnte ich jedoch dann nie wahrnehmen.

In einzelnen Fällen von Lähmung der Conjunctiva des Menſchen, deren Urſachen jedoch nicht durch die Section ermittelt wurden, trübte ſich der Epithelialüberzug der Bindehaut und wurde grau und undurchſichtig bis halbdurchſichtig, ſo daß die Kranken die Gegenſtände wie durch einen Nebel ſahen. Bisweilen bildeten ſich ſogar harte Kruſten, welche die Patienten ohne alle Spur von Schmerz abreißen konnten.

Während aber die Unempfindlichkeit der zarten, freiliegenden Theile des Auges ſo furchtbare organiſche Störungen zur Folge hat, ſind die Nutritionseinflüſſe der Paralyſe des Trigeminus auf andere Theile des Kopfes nicht ſo ſtürmiſch. Die Naſenſchleimhaut iſt weicher, aufgelockerter und verliert leichter ihr Flimmerepithelium. Bisweilen läuft auch mehr Schleim oder eine ichoröſe Flüſſigkeit zur Naſe heraus. Menſchen mit Lähmung des Trigeminus leiden leicht an Naſenbluten. Wenn Kaninchen bei dem Freſſen die Naſe oder die Lippen gegen harte Theile andrücken, ſo bilden ſich oft Geſchwüre und dunkele Kruſten an dieſen Stellen. Ihre Taſthaare fallen leicht aus, ohne daß ſie ſich von Neuem erſetzen. Dieſelbe Erſcheinung wiederholt ſich an den Barthaaren von Hunden und den Geſichtshaaren des Menſchen.

Die in Folge der Durchſchneidung der Lingualäſte des dreigetheilten Nerven unempfindlich gemachte Zungenhälfte zeigt bisweilen bei Hunden eine, wie es ſcheint, vermehrte Abſchilferung des Epithelium. Indem ſie nicht ſelten bei ihrer Inſenſibilität durch die Zähne verletzt wird, bilden ſich oft Riſſe und unreine Geſchwüre, die nur ſchwer zur Heilung kommen.

Da die Schleimhäute, welche von dem N. vagus verſorgt werden, nicht freiliegen, ſo mangeln auch noch ſeiner Lähmung ſo bedeutende Vegetationsveränderungen, wie wir ſie oben bei dem Trigeminus kennen gelernt haben. Die Blutüberfüllung und abnorme Secretion der ganzen Bronchialſchleimhaut, von der ſchon früher gehandelt worden, ſcheint nur durch die R. R. recurrentes und pulmonales bedingt zu ſein. Man findet ſie wenigſtens häufig in der Luftröhre von Kaninchen und jungen Hunden ſchon nach der Trennung der beiden R. R. laryngei inferiores ſehr deutlich ausgeſprochen. Die hautartige Abſchilferung des Magenepitheliums nach Lähmung der R. R. gastrici haben wir ſchon bei den Functionen des Vagus kennen gelernt. Die organiſchen Folgen der Lähmung des N. accessorius ſind bis jetzt noch gänzlich unbekannt.

Die Muskelparalyſe der Zunge, welche die Durchſchneidung der Hypoglossi zur Folge hat, bedingt oft einen eigenthümlichen trophiſchen Zuſtand dieſes Organes. Indem nämlich die Muskulatur ſchwindet, wird der Epithelialüberzug zu weit und bekommt Runzeln und Falten, die bald bis zum Tode verbleiben, bald dagegen früher und wahrſcheinlich in Folge einer theilweiſen Wiedererzeugung der Nerven verſchwinden [1]).

Gelähmte Hautſtellen erſcheinen in der Regel blaß, welk und widerſtehen äußeren Einflüſſen in geringerem Grade als geſunde. Schon eine mäßige Wärme, die ſonſt nicht bleibend wirkt, veranlaßt häufig Blaſenbildung, und gewöhnliche Winterkälte Froſtbeulen. Durch die Rhinoplaſtik neu angeſetzte Naſen bekommen nicht ſelten, bevor die vollſtändige Nervenverbindung eingeleitet iſt, Phlyctänen und gehen durch die geringſte Kälte in Brand über. Liegen Kranke auf paralytiſchen Hautſtellen längere Zeit, ſo röthen ſich dieſe und verwandeln ſich leicht in Geſchwüre, die ſich mit brandigen Kruſten bedecken. Wir finden daher leicht ein ſolches Aufliegen am Geſäße oder an der Ferſe von Perſonen, deren untere Körperhälfte z. B. in Folge einer Rückenmarksverletzung gelähmt worden. Im Grunde genommen gehören dann auch die ähnlichen Erſcheinungen, ſo wie die häufigen Blutabgänge und Zerſetzungen der Excrete, welche wir z. B. bei Typhöſen beobachten, ebenfalls hierher.

Wie ſich die Bildungsverhältniſſe der Epithelien nach Verletzungen der entſprechenden Nerven abweichend zu geſtalten ſcheinen, ſo treten auch analoge Phänomene bei manchen Hautlähmungen hervor. Die Epidermis von Hemiplegiſchen z. B. erſcheint häufig

[1]) Bidder in Müller's Archiv. 1842. 8. S. 110.

ſehr glatt, ſo daß die gelähmten Glieder nicht ſelten das Anſehen erhalten, als ſeien ſie mit einer ausgezeichnet feinen Haut verſehen. Umgekehrt erhalten paralytiſche Extremitäten, vorzüglich wenn ſie mit Blutſtockungen verſehene Stellen oder Geſchwüre darbieten, eine Neigung zu intenſiverer Abſchuppung der Epidermis, ſo daß ſich dieſe ſogar in einzelnen größeren Borken loslöſt. Auch die Nägel ſcheinen oft ſtärker und bisweilen zugleich unregelmäßiger zu wachſen, ſo daß ſie rauh, ſtreifig oder kulbig werden.

Vollkommen gelähmte Glieder, die ſchon ſeit längerer Zeit nicht mehr gebraucht werden können, ſind in der Regel nicht nur ſchlaff und welk, ſondern auch bedeutend abgemagert. Ihre Muskelfaſern erſcheinen mürbe und blaß, zeigen ſich, wenn die Krankheit Jahre lang angehalten, wie macerirt und von vielem Fett durchzogen. Dieſes letztere wird dann zum Theil ſtatt neuer Muskelmaſſe gebildet. Halbgelähmte Extremitäten können eine gewiſſe Ründung dadurch darbieten, daß ihre Organe noch im Ganzen normal ſind oder daß eben ihre mürberen Muskeln von reichlichem zwiſchen ihnen und unter der Haut abgeſetzten Fette eingehüllt werden. Zu gleicher Zeit erhalten ſie nicht ſelten eine Neigung, gebogene Stellungen, z. B. eine permanente Flexion der Finger oder Zehen anzunehmen.

Da die unteren Extremitäten ihrer Lage und Beſtimmung nach den äußeren Einwirkungen des Druckes am meiſten ausgeſetzt ſind, ſo treten auch die Folgen des mangelnden Widerſtandes gegen Eingriffe der Art bei ihren Lähmungen am deutlichſten hervor. Hat man bei Fröſchen den Hüftnerven durchſchnitten, übt die paralytiſche Extremität nicht und läßt ſie ſelbſt in nicht ganz reinem Waſſer liegen, ſo wird ſie nach einiger Zeit blaß bis weißlich, infiltrirt ſich mit Flüſſigkeit, ſtößt ihre Oberhaut in großen Lappen los, ſo daß dieſe in dem umgebenden Waſſer herumſchwimmen, und bedeckt ſich ſelbſt nach den Beobachtungen von Stilling und Hannover in Einzelfällen mit Schimmelbildungen. Das Letztere mangelt jedoch, wenn man das Waſſer häufig wechſelt und überhaupt die Thiere vor Unreinlichkeiten bewahrt. Die Infiltration der Füße wird durch den Aufenthalt in vielem Waſſer bedeutend begünſtigt und ſcheint nach der Durchſchneidung der hinteren Wurzeln des Hüftgeflechtes ſpäter, als nach der der vorderen einzutreten.

Hat man bei einem Hunde oder Kaninchen den N. ischiadicus getrennt, ſo läuft ſich das Thier nach einiger Zeit an der gelähmten Sohle auf. Es bildet ſich ein mit Kruſten bedecktes Geſchwür, welches häufig in ſolcher Tiefe binnen Kurzem um ſich greift, daß ſelbſt die Knochen cariös werden. In Einzelfällen entarten die Nägel, während ſich die Haare leicht abreiben. Daß ſich auch ähnliche Erſcheinungen bei dem Menſchen nach Operationen einſtellen, lehrt ein von Romberg [1]) ſpeciell beſchriebener Fall. Nachdem einer 50jährigen Frau ein Neurom des Hüftnerven von Dieffenbach war exſtirpirt worden, waren die Muskeln des Unterſchenkels und des Fußes gelähmt. Das Bein ſelbſt aber konnte noch durch die Muskulatur des Oberſchenkels im Ganzen bewegt werden. Bald darauf ſtellte ſich Exulceration an der Ferſe ein. Das blaſſe, nicht lebhaft entzündete Geſchwür bedeckte ſich leicht mit Schorfen und ſonderte eine dünne Jauche ab. Später exfoliirten ſich die Nägel. Drei Jahre darauf konnte die Kranke ohne Unterſtützung gehen. Allein ihr Fuß war klumpfußartig verbogen. Seine Sohle ſah nach innen; der Innenrand ſtand nach oben, und die Frau trat nur mit dem Außenrande auf. An dieſem hatte ſich aber ein neues Geſchwür, das bisweilen Knochenſplitter entließ, gebildet, während das frühere an der Ferſe fortdauerte. Die Haut des Fußrückens erſchien dunkelroth und glänzend. Seine Epidermis, ſo wie die eines Theiles des Unterſchenkels bildete, wie bei Psoriasis, Borken und löſte ſich in großen Schuppen ab.

Solche Phänomene kehren in Fällen totaler Lähmung einer oder beider unteren Extremitäten, wie ſie ſich beſonders in zartem Kindesalter in Folge von allgemeineren Krämpfen ausbilden, in noch ausgedehnterem Maaße wieder. Das ganze Bein, welches ſchon ſeit Jahren gänzlich unbrauchbar iſt, erſcheint ſehr abgemagert und nicht ſelten in ſeinem Knochenſyſteme weniger entwickelt und daher merklich verkürzt. Seine Hinterbacke iſt abgeflacht, ſeine Haut blaß, grau und an einzelnen Stellen bläulich und hängt erſchlafft am Körper, ſo daß die Extremität bei dem Gehen, welches in der Regel nur mit Unterſtützung von Krücken möglich iſt, einzig und allein den Geſetzen der Schwere

[1]) M. H. Romberg Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen. Bd. I. Berlin, 1840. 8. S. 210.

folgt und wie ein lockeres gelenkiges Pendel ſchwingt. Der in ſeinen Gelenken relaxirte Fuß ſchlottert dabei gleich einem aufgehängten Körper und fällt mehr gegen den Boden, als er auf dieſen geſetzt wird. Die Bänder des Kniegelenkes ſind dergeſtalt erſchlafft, daß das Knie bei einem Verſuche, einen Theil der Körperlaſt auf der kranken Extremität ruhen zu laſſen, nach hinten einknickt und vorn eine dreieckige mit ihrer Spitze nach hinten gerichtete Grube bildet. Die Relaxation der Bänder des Hüftgelenkes erlangt bisweilen einen ſolchen Grad, daß die Kranken ihr gelähmtes Bein, über welches ihr Wille gar keinen Einfluß hat und das ſie daher mit ihren Händen regieren müſſen, über ihre Schulter ſchlagen können und daſſelbe dann mit ſeinen übrigen Theilen ſchlotternd die durch die Verhältniſſe der Schwere gebotenen Lagen annimmt. Die leichenähnliche Haut des Fußes fühlt ſich an einzelnen Stellen ſehr fein an, iſt dagegen an anderen mit Borken, Geſchwüren, Froſtbeulen und deren Ueberreſten bedeckt, an noch anderen dagegen livid blaugrau bis blauroth gefärbt. Der Fuß ſelbſt iſt verhältnißmäßig lang und ſchmal, in der Regel klump- oder plattfußartig oder ſehr unregelmäßig verkrümmt und hängt, wenn er in die Höhe gehoben wird, ſchief und ſchlotternd am Unterſchenkel. Seine Plantarfläche erſcheint tief ausgehöhlt. Seine Zehen neigen ſich weit mehr zur Flexion, als zur Extenſion. Der Oberſchenkel wird bisweilen etwas gebeugt gehalten. Oft erſcheinen auch einzelne Muskeln deſſelben, beſonders die Beuger des Kniegelenkes, wie der Biceps, Semimembranosus, Semitendinosus und bisweilen auch der Tensor fasciae latae, nach den Beobachtungen von Breuning[1]) ſchwach angeſpannt.

Endlich üben noch die Nerven einen oft deutlich nachweisbaren Ein- 1475 fluß auf die Verhältniſſe der thieriſchen Wärme aus. Ein Theil dieſer Erſcheinungen läßt ſich leicht erklären, ein anderer dagegen nicht. Bedenken wir, daß jeder Nerv alle Reactionen, die er auf objectivem Wege zu bedingen vermag, auch ſubjectiv hervorzubringen im Stande iſt, ſo kann uns nicht die individuelle Wahrnehmung der Kühle der Haut vor dem Eintritte der Epilepſie oder anderer Krampfanfälle, das heftige Frieren in dem Kälteſtadium der Fieber befremden. Behalten wir ferner die eben geſchilderten Beziehungen der Nerven zu den Kreislaufs- und Ernährungserſcheinungen im Auge, ſo wird ein gelähmtes Glied, deſſen Circulation und Nutrition noch normal von Statten geht, die gewöhnlichen Verhältniſſe der Eigenwärme zeigen, ein ſolches dagegen, das ſchon lange nicht mehr gebraucht, abgemagert und verkrüppelt iſt, eine niedere Temperatur darbieten. Während aber dieſe Thatſachen durch die tägliche ärztliche Erfahrung beſtätigt werden, zeigt ſich angeblich in Einzelfällen an nicht vollſtändig gelähmten Extremitäten und zwar nicht immer gerade an Stellen, die einem Verſchwärungsproceſſe ausgeſetzt ſind, eine geringe Erhöhung der Eigenwärme. Noch räthſelhafter erſcheinen die localen Herabſetzungen der Temperatur, welche häufig nach Nerveneinflüſſen beobachtet werden. Die Haut der Stirn, der Naſe oder der Wangen eines Menſchen, der ſich erbricht, erkaltet ſo raſch, daß ſelbſt die Annahme einer völligen Stockung des Kreislaufes dieſer Theile keinen genügenden Erklärungsgrund der Erſcheinung abgeben könnte. Sie widerlegt daher keineswegs die Theorie des Verbrennungsproceſſes der thieriſchen Wärme (§. 103), lehrt aber, daß noch dieſe die meiſten Verhältniſſe des Menſchen und der höheren Thiere genügend erläuternde Anſicht weſentliche Punkte unerörtert läßt.

---

[1]) G. v. Breuning Wiederbelebung gelähmter Gliedmaßen durch den Sehnenſchnitt. Wien, 1844. 8. S. 5.

Die Temperaturerniedrigung gelähmter Glieder giebt ſich ſchon häufig dem bloßen Gefühle zu erkennen und wird oft genug von den Aerzten und dem Kranken ſelbſt unmittelbar wahrgenommen. Ollivier [1]) fand z. B. bei einem 33jährigen Menſchen, welcher in Folge einer Rückenmarksverletzung hemiplegiſch geworden war, die Haut der gelähmten Seite 1°,875 C. kälter als die der geſunden. Noch bedeutender fielen die Unterſchiede, welche Earle beobachtete, aus. Reduciren wir ſeine Reſultate auf Celſius'ſche Grade, ſo erhalten wir folgende Ueberſicht:

Individuum.	Extremität. Gelähmt. Theil.	Temperatur.	Geſund. Theil.	Temperatur.
Mädchen, dem fünf Jahre vorher wegen Ulnarneuralgie ein Theil des N. ulnaris ausgeſchnitten worden war und ſich nicht wiedererzeugt hatte, bei 13°,14 C. der Luft.	Baſis der Rückenfläche des kleinen Fingers.	13°,71	Finger.	16°,0
	Zwiſchenraum zwiſchen dieſem und dem Ringfinger.	14°,3	Hand.	17°,1
	Außenfläche des Zeigefingers.	16°,0		
	Zwiſchen ihm, dem Daumen und der Handfläche.	17°,14		
Mann, mit Lähmung des linken Armes in Folge eines Schlüſſelbeinbruches.	Hand.	22°,3	Hand.	33°,1
	Arm.	27°,4	Arm.	36°,0
	Achſelgrube.	34°,3	Achſelgrube.	36°,6

Laſſen auch die bei dem Mädchen gefundenen Angaben ihrer zu geringen Größe wegen gerechte Zweifel in Betreff der Sicherheit der Beobachtung übrig, ſo lehren doch die an dem Manne angeſtellten Unterſuchungen, daß die Endglieder die charakteriſtiſcheſten, die Achſelgrube dagegen die am wenigſten ausgeſprochenen Ergebniſſe lieferten. Dieſes kann zunächſt von der Größe der Lähmung abhängen, jedoch auch zum Theil durch die ſchon früher erwähnte nervöſe Bevorzugung der Endtheile der Extremitäten bedingt ſein.

Eine Erhöhung der Wärme in den paralytiſchen Theilen wurde von Romberg an der oben erwähnten Frau mit durchſchnittenem Ischiadicus beobachtet. Es ergab ſich:

Theil.	Temperatur in Celſius'ſchen Graden. Gelähmt.	Geſund.
Aeußerer Knöchel.	31°,25	30°,00
Zwiſchenraum zwiſchen der dritten und vierten Zehe.	30°,00	28°,75

Die Urſache dieſer Erſcheinung muß vorläufig dahingeſtellt bleiben. Möglicher Weiſe könnte ſie davon herrühren, daß der noch unverſehrte N. cruralis, deſſen Primitivfaſern bis zum Fuße herabgehen, eine ungezügelte und daher erhöhte Wirkſamkeit auf die Capillaren deſſelben ausübte oder daß äußere unbekannte Veranlaſſungen die geringe Temperaturerhöhung bewirkten.

[1]) C. P. Ollivier Traité des maladies de la moelle épinière. Troisième édition. Paris, 1837. 8. Tome I. p. 510.

B. Centrales Nervenſyſtem.

Cerebroſpinalflüſſigkeit. — Dieſes innerhalb der Arachnoidea 1476 angeſammelte Fluidum, welches auch die Sylviſche Waſſerleitung, den mittleren und die Seitenventrikel des Menſchen und der Mammalien und die übrigen Hirnhöhlen der anderen Wirbelthiere ausfüllt, hat zunächſt diejenigen Zwecke, welche dem flüſſigen Inhalte aller ſeröſen Ausbreitungen zukommen (§. 63). Das weiche Gehirn und Rückenmark wird durch ſie vor der Reibung und dem Drucke gegen die Hartgebilde des Schädels und der Wirbelſäule bewahrt. Es kann daher die verſchiedenen bald zu erläuternden Bewegungen ohne Nachtheil vornehmen, weil die Cerebroſpinalflüſſigkeit, welche in dem völlig geſchloſſenen, zwiſchen dem centralen Nervenſyſteme und deſſen Umhüllungen befindlichen Raume vorhanden iſt, auf zweckmäßige Art ausweicht und je nachdem es nothwendig wird, hier Platz macht, dort dagegen jedes neu entſtehende Interſtitium auf der Stelle ausfüllt. Sie begünſtigt mithin indirect die normalen Thätigkeiten des Gehirns und Rückenmarks.

Ein einfacher, von Magendie zuerſt angeſtellter und leicht zu wie- 1477 derholender Verſuch giebt einen deutlichen Beweis dieſes ihres mittelbaren Einfluſſes auf die Functionen des centralen Nervenſyſtemes. Macht man die harte Hirnhaut in der Gegend des Hinterhauptgelenkes und des Atlas bei einem lebenden Kaninchen frei, ſo erleiden die Bewegungen des Thieres keine weſentliche Veränderung durch dieſen Theil der Operation [1]). Sticht man dagegen die prall geſpannte harte Hirnhaut an, ſo tritt eine Portion der Cerebroſpinalflüſſigkeit in einem bisweilen hohen Strahle hervor. Iſt eine bedeutendere Menge derſelben abgefloſſen, ſo wird das Thier apathiſch oder fällt auch auf die Seite und taumelt bei dem Gehen. Ein Fuchs, welcher vorher noch um ſich zu beißen ſuchte, wurde dann ruhig und ſanft. Hunde dagegen werden bisweilen von ſolcher Unruhe ergriffen, daß ſie das Anſehen waſſerſcheuer Thiere annehmen (Magendie) [2]). Trepanirt man bei ihnen oder Kaninchen ein Stück der Oberfläche des Schädels ohne Verletzung der harten Hirnhaut heraus, ſo kann man zwar auch eine kleine Menge von Cerebroſpinalflüſſigkeit durch den Anſtich der dura mater erhalten. Allein die eben erwähnten allgemeinen Folgeerſcheinungen fehlen in der Regel.

Das Cerebroſpinalfluidum bildet vermöge ſeiner Menge, ſeiner geeig- 1478 neten Wärme und chemiſchen Zuſammenſetzung das paſſendſte Medium, um das Gehirn und Rückenmark vor ſchädlichen Einwirkungen zu bewahren. Sein normaler Nutzen hat daher inſofern einen mehr negativen, verhüten-

---

[1]) Aeltere Hunde, an denen man den Lendentheil der Wirbelſäule bloßgelegt, wanken oft ſchon, wenn noch ſelbſt die dura mater unverletzt iſt. Die Unſicherheit beim Stehen vergrößert ſich nach dem Oeffnen derſelben.

[2]) F. Magendie physiologische und klinische Untersuchungen über die Hirn- und Rückenmarksflüssigkeit. Aus dem Französischen von G. Krupp. Leipzig, 1843. 8. S. 43.

den Charakter. Nur wenn ſich die Quantität der Flüſſigkeit ändert oder unzweckmäßige Subſtanzen an ihre Stelle treten, entſtehen poſitive krankhafte Thätigkeitsäußerungen des centralen Nervenſyſtems. Hat man z. B. einen größeren Theil des Lendenmarks bei einem Hunde bloßgelegt und die harte Hirnhaut der Länge nach aufgeſchlitzt, ſo daß die Atmoſphäre auf das Rückenmark in einer bedeutenderen Strecke einwirkt, ſo erzeugt ſich im Anfange ein automatiſches Muskelzittern der Hinterbeine, indem der geringe Reiz der Luft eine motoriſche Reaction der afficirten Nervengebilde veranlaßt. Dieſes Symptom verſchwindet ſpäterhin, und die Thiere können dann wieder ein vollkommen normales Verhalten ihrer hinteren Extremitäten darbieten. Entzieht man einem Hunde den größten Theil ſeiner Cerebroſpinalflüſſigkeit und injicirt ſtatt derſelben kaltes auf 0° C. temperirtes Waſſer, ſo friert und zittert das Thier, als wenn es ſich in dem Froſtanfalle eines Wechſelfiebers befände. Selbſt reines auf 37° C. temperirtes Waſſer verurſacht ſchon Muskelzittern. Enthält es giftige Subſtanzen, wie z. B. Morphin, Blauſäure, Campher, ſo veranlaſſen dieſe ihre nachtheiligen Wirkungen kurze Zeit nach ihrer Einverleibung in den Organismus [1]).

Die Folgen, welche die in der Gegend des Hinterhauptgelenkes vorgenommene Abzapfung der Cerebroſpinalflüſſigkeit veranlaßt, entſtehen natürlich dadurch, daß das Rückenmark nicht mehr innerhalb eines milden, für daſſelbe indifferenten, beweglichen und die räumlichen Verhältniſſe regulirenden Medium ſpielt. Iſt dagegen keine Luft nach Entfernung deſſelben eingedrungen, ſo muß die Reibung gegen die minder nachgiebigen Faſerhüllen, vorzüglich bei den Bewegungen der Wirbelſäule Beſchwerden veranlaſſen. Wurde die Flüſſigkeit durch einen Theil Atmoſphäre erſetzt, befindet ſich das Rückenmark in offener Communication mit der Luft, ſo wird dieſe nicht bloß reizend wirken, ſondern auch den Mechanismus des gehörigen Ausweichens der noch vorhandenen Cerebroſpinalflüſſigkeit ſtören, weil ſie ſich nicht mehr in einem luftdicht abgeſchloſſenen Raume befindet. Ein theilweiſer Erſatz dieſes letzteren Uebelſtandes kann erſt ſpäter mittelſt der Verklebung der Wunde durch Blut, Erſudat oder Eiter zu Stande kommen.

Vergrößert man die Menge der Cerebroſpinalflüſſigkeit bei einem Hunde oder Kaninchen dadurch, daß man eine Quantität lauen Waſſers durch eine kleine Oeffnung der harten Hirnhaut einſpritzt, ſo entſteht Betäubung und ſelbſt der höchſte Grad von Sopor, ſo daß das Thier gleich einem Schlagflüſſigen hinſinkt [2]). Krankhafte Ausſchwitzungen haben bei dem Menſchen den gleichen Erfolg. Denken wir uns nämlich, daß die verſtärkte Gewalt des Blutſtromes eine größere Menge von Cerebroſpinalflüſſigkeit erzeugt, ſo wird dieſe bei dem Widerſtande der Hartgebilde ihre heftige Druckwirkung gegen das weiche centrale Nervenſyſtem richten, deſſen Thätigkeiten ſchwächen oder ſogar dergeſtalt lähmen, daß der Tod kurze Zeit darauf erfolgt. Wir finden daher auch oft, z. B. in den Gehirnen von Cretins, Blödſinnigen, Typhöſen, Hydrocephaliſchen, Apoplektiſchen u. dgl., eine ſo bedeutende Menge von Seroſität, daß der mittlere und der Seitenventrikel bedeutend ausgedehnt erſcheinen.

Hat ſich dagegen eine größere Menge von Cerebroſpinalflüſſigkeit angeſammelt, indem ihr ein entſprechender Raum außerhalb des centralen Nervenſyſtemes geſtattet iſt, ſo bleiben auch natürlich die lähmenden Folgeerſcheinungen ihres Druckes aus. Diejenigen Fälle von Spina bifida, in welchen die harte Hirnhaut unverletzt iſt, liefern den anſchaulichſten Beleg hierfür. Fehlen z. B. die Wirbelbogen mit dem größten Theile der ſie bedeckenden Weichgebilde, nicht aber die dura mater, ſo bildet dieſe hier, wenn eine größere Menge von Cerebroſpinalflüſſigkeit vorhanden iſt, einen hervortretenden, mit Waſſer prall gefüllten Sack. Das Individuum leidet an keinen Hirnbeſchwerden, weil

[1]) **Magendie** a. a. O. S. 46. 47.   [2]) **Magendie** a. a. O. S. 44.

das Fluidum ein ſeiner größeren Menge entſprechendes Nebenreſervoir vorfindet. Drückt man dagegen das letztere zuſammen, ſo ſteigt die Flüſſigkeit empor, beläſtigt das Gehirn und verurſacht Ohnmachten, Betäubung und Lähmungserſcheinungen. Man würde natürlich die gleichen ſchädlichen Folgen erhalten, wenn man den Sack ſpalten und die Cerebroſpinalflüſſigkeit auf einmal entleeren wollte. Das Gehirn würde dann ſogleich zuſammenfallen und der Tod bald darauf erfolgen. Man darf daher höchſtens ſehr kleine Mengen durch eine mittelſt der Staarnadel gemachte Oeffnung herausſintern laſſen. Dringt eine bedeutendere Menge Luft ein, ſo bleiben wieder die ſchädlichen Folgen nicht aus. Aus dieſem Grunde leben auch Kinder mit Spina bifida der Knochen und der Hüllen nur wenige Stunden nach der Geburt, können aber athmend zur Welt kommen, weil ihr Hirn und Rückenmark zur Zeit ihres ganzen Uterinlebens von dem Amnioswaſſer umſpült wird.

Die Cerebroſpinalflüſſigkeit erzeugt ſich gleich allen anderen ſerößen 1479
Abſonderungen ſehr leicht und raſch wieder. Hat man ſie bei einem Kaninchen am Nacken abgezapft, ſo ſtellt ſie ſich oft in 24 Stunden her. Sie kann auch bei dem Menſchen binnen ſehr kurzer Zeit in großer Menge abgeſetzt werden. Ihre Zuſammenſetzung iſt ſchon §. 472 angegeben worden.

Bewegungen des centralen Nervenſyſtemes und der Cere- 1480
broſpinalflüſſigkeit. — Betrachtet man ein Kind, deſſen große Fontanelle noch weich und knorpelig iſt, mit Aufmerkſamkeit, ſo zeigt ſich, daß ſich dieſe Stelle fortwährend hebt und ſenkt. Huſten, Schreien, Nieſen und überhaupt jede bedeutende Ausathmung verſtärkt die Bewegung. Die gleiche Beobachtung läßt ſich an Erwachſenen, welche trepanirt worden oder ein Stück ihrer Hirnſchale durch Beinfraß oder eine Verwundung verloren haben, anſtellen. Selbſt wenn die harte Haut unverletzt iſt, kommt das Pulſiren ſchon deutlich zum Vorſchein. Die vollkommenſten Reſultate erhält man aber in dieſer Beziehung, wenn man eine Strecke des Gehirns oder Rückenmarkes eines mittelgroßen Säugethieres, z. B. eines Hundes oder Schafes, bloßlegt. Dagegen fehlt das Phänomen nach Ecker [1]) bei den Vögeln und den Fröſchen.

Unterſucht man die Erſcheinung genauer, ſo findet man, daß die Be- 1481
wegung ſtreng genommen eine doppelte iſt. Die eine nämlich entſpricht unmittelbar den Zuſammenziehungen des Herzens, die andere den Athembewegungen. Jene heißt die arteriöſe, dieſe die reſpiratoriſche.

Die arteriöſe Bewegung beſteht darin, daß ſich das centrale Nerven- 1482
ſyſtem der Syſtole der Herzkammer entſprechend hebt, im Augenblicke der Diaſtole dagegen ſenkt. Sie findet ſich nach Ecker am Rückenmarke kaum ſpurweiſe, exiſtirt dagegen am Gehirn von Hunden ſo deutlich, daß ſich ſelbſt Unregelmäßigkeiten des Herzſchlages in den entſprechenden Gehirnveränderungen wiederholen (Ecker) [2]). Jedoch kommt ſie nich tallen Säugethieren zu, ſondern mangelt z. B. bei dem Kaninchen gänzlich oder größtentheils. Dieſer Umſtand bildet wahrſcheinlich den Hauptgrund, weshalb

[1]) A. Ecker physiologische Untersuchungen über die Bewegungen des Gehirns und Rückenmarks, insbesondere den Einfluss des Cerebrospinalflüssigkeit auf dieselben. Stuttgart, 1843. 8. S. 19. 20.

[2]) Ebendaselbst S. 18.

die arterióſe Bewegung überhaupt von einzelnen Schriftſtellern älterer [1]) und neuerer Zeit [2]) in Abrede geſtellt worden iſt.

Der Grund der Hebung des Gehirns liegt wohl unzweifelhaft darin, daß die Hirncarotiden, die Vertebralarterien und die Baſilarſchlagader nebſt ihren Verzweigungen im Momente der Syſtole der Kammern mit mehr Blut gefüllt werden und die Hirnmaſſe, welche auch nach bedeutendem Blutverluſte an Volumen abnimmt, emporheben.

1483 Die reſpiratoriſche Bewegung iſt ſtärker und kommt ſelbſt bei kleineren Säugethieren, wie z. B. Kaninchen, ſehr deutlich zu Stande. Sie beſteht darin, daß ſich das Gehirn ſowohl als das Rückenmark bei der Exſpiration ausdehnt oder hebt, bei der Inſpiration dagegen verkleinert oder ſenkt. Dieſe Phänomene verſtärken ſich, ſo wie man die Athmung künſtlich erhöht. Die gleichen Veränderungen laſſen ſich aber ſelbſt durch Eindrücken des Bruſtkaſtens ſehr friſcher und unverletzter Leichen hervorrufen. Das Experiment gelingt jedoch nicht mehr, wenn man die Jugularen, die Vertebralvenen und die großen Längsſinus des Rückenmarkes durchſchnitten und von ihrem Blute entleert hat. Die Unterbindung der Venae jugulares oder der Venae vertebrales oder dieſer beiden Paare von Blutaderſtämmen zugleich vermindert die Erſcheinung, hebt ſie jedoch nicht gänzlich auf.

Die eben erwähnten Thatſachen führten nun zu folgender Erklärungsweiſe dieſer Phänomene. Wir haben früher geſehen, daß das Blut im Momente der Inſpiration gegen die Bruſt hingezogen wird, während das Umgekehrte im Augenblicke der Ausathmung Statt findet. Hier wird die Blutmaſſe zum Theil vom Thorax abgehalten, und die Jugularvenen ſchwellen daher in der Nähe deſſelben eher an und zeigen eine Art von Pulſation. Da nun das Blut während der Exſpiration in ſeinem centrifugalen Laufe fortgeht, in ſeinem centripetalen dagegen momentan gehemmt iſt, ſo füllen ſich dann die Sinus des Schädels und der Wirbelſäule, ſo wie die Capillaren des centralen Nervenſyſtemes. Dieſes letztere ſchwillt deshalb an und geht in die Höhe. Es fällt dagegen während der Inſpiration, wo das Entgegengeſetzte Statt findet, ein und ſinkt herab.

1484 Die lehrreichen Verſuche von Ecker [3]) haben nachgewieſen, daß das Cerebroſpinalfluidum eine weſentliche Rolle bei dieſen Erſcheinungen ſpielt. Sie ſelbſt fließt ſchon aus einer Wunde bei der Exſpiration ſtärker als bei der Inſpiration aus. Eben ſo iſt ihre Schwankung ſo bedeutend, daß ſich z. B. das bloßgelegte Ligamentum occipito-atlanticum den Athembewegungen entſprechend hebt und ſenkt und bisweilen die Säcke bei Spina bifida mit Integrität der harten Hirnhaut die gleiche Pulſation darbieten. Drückt man auf das genannte Band, ſo geht das Gehirn in die Höhe

---

[1]) Siehe die hiſtoriſchen Angaben bei Haller Elementa physiologiae. Tomus IV. p. 176.

[2]) P. Flourens Récherches expérimentales sur les propriétés et le fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés. Seconde édition. Paris, 1842. 8. p. 345.

[3]) a. a. O. S. 97.

und ſinkt umgekehrt nach Entleerung des größten Theiles der Cerebroſpinalflüſſigkeit auf der Stelle zuſammen. Seine reſpiratoriſchen Bewegungen hören entweder im letzteren Falle ganz auf oder werden wenigſtens in hohem Grade geſchwächt. Selbſt ein künſtlich hervorgerufenes tieferes Athmen des Thieres, dem man z. B. die Naſenlöcher leiſe zuhält, veranlaßt keine Veränderung dieſer Verhältniſſe. Hat man aber die Wunde geſchloſſen und der Cerebroſpinalflüſſigkeit Zeit zu ihrer Wiedererzeugung gelaſſen, ſo kehrt die Hebung und Senkung des Gehirns von Neuem zurück. Dieſe Thatſachen deuten darauf hin, daß das Cerebroſpinalfluidum während des Ausathmens in Bewegung verſetzt wird, unter die Baſis des Gehirns und durch den vierten Ventrikel und die Sylviſche Waſſerleitung in den mittleren und die Seitenventrikel einſtrömt und ſo die Hebung der Hirnmaſſe weſentlich unterſtützt. Die unmittelbaren Erfahrungen von Magendie, künſtliche Einſpritzungen, welche von Ecker an friſch getödteten Thieren gemacht worden, und die Beobachtung von Riolan, daß die Bewegung des Gehirns nach der Eröffnung der Seitenventrikel aufhört, unterſtützen eine ſolche Anſicht.

Das Rückenmark unterſcheidet ſich in dieſer Hinſicht von dem Gehirn 1485
in manchen Punkten. Seine arteriöſen Bewegungen ſind nicht nur, wie ſchon erwähnt wurde, ſehr ſchwach, ſondern auch ſeine reſpiratoriſchen einfacherer Art. Sie beſtehen nämlich, wenn das Thier auf dem Bauche liegt, in einer einfachen Hebung und Senkung und keiner deutlichen inneren Auſchwellung und erhalten ſich noch, wenn ſelbſt die Cerebroſpinalflüſſigkeit abgezapft worden iſt (Ecker)[1]. Dieſes Factum läßt ſich daraus erklären, daß die ſich während der Ausathmung ſtärker füllenden venöſen Sinus der Vorderfläche und der Seitentheile des Wirbelcanales Kraft genug haben, die Nervenmaſſen zu heben. Der Mangel größerer Ventrikularräume dagegen, in welche die Cerebroſpinalflüſſigkeit eindringen könnte, hindert jede irgend bedeutendere innere Anſchwellung des Organes.

Das Cerebroſpinalfluidum bildet mithin in ſeinen Bewegungen den 1486
Abdruck der Folgen, welche die Ausathmung vorzüglich auf die Verhältniſſe des Kreislaufes ausübt. Die örtlichen Schwankungen des centralen Nervenſyſtemes aber geben ſelbſt die Ortsveränderungen, welche die Cerebroſpinalflüſſigkeit, gleich den meiſten anderen Seroſitäten vornimmt, im Ganzen wieder.

Alle Verſuche, welche über die Bewegungen des centralen Nervenſyſtemes angeſtellt werden können, laſſen ſich natürlich nur unter der pathologiſchen Bedingung, daß ein Theil der feſten Umhüllungen an einer Stelle geöffnet worden, vornehmen. Befindet ſich die Continuitätsunterbrechung an einer minder günſtigen Stelle des Schädels, oder hat ſie eine nur geringe Ausdehnung, ſo ſtellt ſich die Hirnbewegung entweder nur ſehr ſchwach oder ſelbſt gar nicht dar. Dieſes geſtattet jedoch nicht den Schluß, daß ſie bei vollkommen unverletztem Schädel mangele. Im Gegentheil deutet ſchon unmittelbar die Bewegung der Fontanellen bei Kindern und der während der Exſpiration verſtärkte Austritt von Eiter aus Trepanationswunden auf ihre Exiſtenz hin.

Senſible und motoriſche Kräfte des centralen Nervenſyſtemes. — Die mikroſkopiſche Unterſuchung lehrt, daß ſich die Pri- 1487

[1] a. a. O. S. 112.

mitivfaſern der ſenſiblen und motoriſchen Wurzeln unmittelbar in die entſprechenden Nervenfaſern des Rückenmarkes fortſetzen, hierbei an Breite abnehmen und dann nach dem Gehirn in verſchiedener Weiſe emporſtreichen[1]). Eine wahre Endigung derſelben in jenem Theile des centralen Nervenſyſtemes iſt nicht nachzuweiſen. Jeder Schnitt, er ſtamme aus welcher Stelle er wolle, zeigt an beiden Enden abgeriſſene oder mit den entſprechenden Nervenwurzeln verbundene Primitivfaſern, welche in der weißen Subſtanz dicht bei einander liegen und häufig Plexus bilden, ſich in der grauen dagegen zwiſchen den Nervenkörpern und ihren plattfaſerigen Scheidenfortſätzen in mannichfacher Weiſe durchdrängen. Hierbei geht der bei Weitem größte Theil, wo nicht die Geſammtheit der Primitivfaſern der rechten Seite in der rechten Rückenmarkshälfte, der der linken in der linken fort.

1488 Schon aus dieſen anatomiſchen Thatſachen folgen drei Cardinalſätze, welche ſich auch durch die phyſiologiſche Erfahrung vollkommen beſtätigen:

1) Das Rückenmark nimmt nach und nach alle ſenſiblen und motoriſchen Wurzeln der einzelnen Rückenmarksnerven in ſich auf und übergiebt ſie dem verlängerten Marke.

2) Je höher hinauf, um ſo größer wird die Sammlung der Primitivfaſern der verſchiedenen Körpertheile in dem Rückenmark. Während es daher z. B. im Niveau des erſten Lendenwirbels nur die Faſern der Lenden- und Kreuzbeinnerven empfangen hat, enthält es in dem des erſten Bruſtwirbels noch außerdem die Elemente der Bruſtnerven und in dem des Atlas die aller Rückenmarksnerven überhaupt. Endlich

3) iſt jede Hälfte des Rückenmarkes größtentheils oder gänzlich unabhängig von der anderen. Eine Affection der rechten betrifft nur die rechte, nicht aber die linke Körperſeite, und umgekehrt.

1489 Die Anweſenheit ſenſibler und motoriſcher Faſern im Rückenmarke läßt ſich an jedem lebenden Wirbelthiere leicht nachweiſen. Legt man z. B. das Lendenmark eines Hundes, Kaninchens oder einer Ziege von oben oder hinten her bloß und reizt die unmittelbar zu Tage kommende Ober- oder Hinterfläche deſſelben, ſo entſteht ein ſehr heftiger Schmerz. Das Thier ſchreit laut auf und wehrt ſich, wenn es nicht zu viel Blut verloren hat, ſo ſehr es kann. Geht man nun mit einer gekrümmten Nadel ſeitlich in die Tiefe und greift die Unter- oder Vorderfläche des Rückenmarkes an, ſo zeigt ſich, wenn die Verletzung nicht zu tief iſt oder der nach oben oder ſeitlich ausgeübte Druck keinen hohen Grad erreicht, entweder gar kein oder nur ein unbedeutender Schmerz. Allein die Hinterfüße und nicht ſelten auch noch andere Theile des Körpers werden convulſiviſch zuſammengezogen und beruhigen ſich erſt mit dem Aufhören der Reizung. Aehnliche Erfahrungen laſſen ſich am Menſchen anſtellen. Verletzungen, welche das Rückenmark treffen, Geſchwülſte, die auf daſſelbe einwirken,

---

[1]) Nova acta physico-medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Naturae Curiosorum. Tom XVIII. P. I. Vratislaviae et Bonnae, 1836. 8. p. 87 fgg. Budge in Müller's Archiv, 1844. S. 163 fgg.

und ähnliche Urſachen erzeugen einerſeits ſehr heftige Schmerzen, die theils in ihm ſelbſt, theils aber nach dem Geſetze der peripheriſchen Wirkung in entfernten Körpertheilen empfunden werden. Anderſeits aber regen dann die vorzüglich unterhalb der Druckſtelle eintretenden motoriſchen Nerven ihre entſprechenden Muskelgebilde zu kloniſchen oder tetaniſchen Krämpfen an. Die Art und Weiſe, wie dieſe empfindenden und bewegenden Faſern in den einzelnen Theilen des Rückenmarkes verlaufen, werden wir in der Folge bei der Betrachtung der Specialthätigkeiten deſſelben kennen lernen.

Die Nervenfaſern, welche von den Nervenwurzeln aus in das Rücken- 1490
mark eintreten und nach dem Gehirn emporſtreichen, verhalten ſich rückſichtlich der vollkommenen, nicht aber der unvollſtändigen Continuitätsunterbrechung des Rückenmarkes wie peripheriſche Nerven. Trennen wir z. B. das geſammte Rückenmark in der Höhe des unterſten Bruſtwirbels der Quere nach vollſtändig, ſo werden die unteren Extremitäten ſenſoriell und motoriſch gelähmt. Kein noch ſo ſtarker Hautreiz, keine Verwundung oder Zerſtörung der unempfindlichen Gebilde gelangt zum Bewußtſein. Man hat z. B. bei Menſchen, welche auf dieſe Art litten, beobachtet, daß ſie am Kamine einſchliefen und ſich ihre gelähmten Füße am Feuer deſſelben zu Kohle verbrannten, ohne nur das Geringſte davon zu merken. Eben ſo hört aller Willenseinfluß auf dieſe paralytiſchen Glieder auf. Der Menſch oder das Thier iſt außer Stande, die geringſte Muskelzuſammenziehung durch den Befehl ſeines Geiſtes direct zu veranlaſſen. Verhält ſich aber das quer durchſchnittene Rückenmark in allen bisher erwähnten Beziehungen wie ein peripheriſcher Nerv, deſſen Continuität vollkommen unterbrochen worden, ſo tritt an ihm noch eine Reihe von charakteriſtiſchen Mittheilungserſcheinungen hervor, die uns in der Folge ausführlicher beſchäftigen werden.

Theorie und Erfahrung führen gleichmäßig zu dem Grundgeſetz, daß jede 1491
vollſtändige Quertheilung des Rückenmarkes den Einfluß des Selbſtbewußtſeins auf die Senſibilität und Motilität aller Organe, die ihre Nerven unterhalb der Verletzungsſtelle beziehen, aufhebt, derjenigen dagegen, welche ſie erſt von höher gelegenen Parthieen empfangen, ungeſtört läßt. Iſt uns daher der Ort der Continuitätsunterbrechung des Rückenmarkes bekannt, ſo brauchen wir nur die §. 1349 tabellariſch verzeichneten peripheriſchen Endverbreitungen der entſprechenden Nerven zu ſummiren, um ſogleich den Lähmungsbezirk auf das Genaueſte zu beſtimmen. Eine vollſtändige Zerſtörung des Rückenmarkes in der Gegend des letzten Bruſt- bis erſten Lendenwirbels paralyſirt daher die Beine und nicht die Arme; eine ſolche in dem Niveau des vierten Halswirbels dagegen alle vier Extremitäten. Bezieht ein Organ nur einen Theil ſeiner Nerven von einer unterhalb der Durchſchnittsſtelle gelegenen Parthie des Rückenmarkes, ſo wird natürlich auch bloß eine unvollkommene Lähmung deſſelben zu Stande kommen. Es kann daher z. B. die Haut des Achſelgelenkes und des Schlüſſelbeines ihre Empfindlichkeit behaupten, wenn die Trennungsſtelle zwiſchen dem vierten und dem fünften Halswirbel liegt, weil dann noch die Verbindung der N. N. supraclaviculares mit dem Gehirn fortbeſteht.

1492 Jede vollſtändige Continuitätsunterbrechung des ganzen Rückenmarkes erſtreckt mithin ihre Folgen ohne Ausnahme auf alle Partieen, die unterhalb derſelben ihre Nervenquelle beſitzen. Dagegen können auch örtliche Lähmungserſcheinungen in Folge von partiellen Verletzungen hervortreten. Hierbei werden nicht ſelten höhere Theile paralyſirt und niedere geſund erſcheinen. Denken wir uns z. B., daß nur diejenige Stelle des Rückenmarkes, in welcher die Primitivfaſern des rechten Armes verlaufen, durch Erweichung zerſtört iſt, ſo wird bloß der rechte Arm, nicht aber der rechte Fuß gelähmt ſein. Verbreitet ſich dagegen die Auflöſung des Nervengewebes weiter, ſo wird auch häufig die untere Extremität nachträglich angegriffen.

1493 Verſuche, die ſich leicht an Säugethieren und vorzüglich am Froſche anſtellen laſſen, lehren deutlich, daß jede Seitenhälfte des Rückenmarkes nur der correſpondirenden Körperhälfte und nicht zugleich der anderen entſpricht. Legt man z. B. bei dem Hunde das ganze Mark, aus welchem die Nerven der Hinterbeine entſpringen, bloß, ſondert es durch einen vollkommen durchgehenden Längeneinſchnitt in zwei ſeitliche Hälften und trennt die rechte von dieſen an ihrem vorderen Ende der Quere nach durch, ſo wird nur das rechte Hinterbein vollſtändig gelähmt. Das linke dagegen giebt deutliche Zeichen von ſelbſtbewußter Empfindung und Bewegung. Wiederholt man den gleichen Verſuch an dem vollſtändig bloßgelegten Rückenmarke des Froſches, ſo kann man ſich von der Gültigkeit des Geſagten für die vorderen und hinteren Extremitäten überzeugen. Die Lähmungserſcheinungen beſchränken ſich auch auf dieſe Weiſe nicht ſelten bei Krankheitsfällen des Menſchen auf die eine Seitenhälfte und verbreiten ſich zugleich erſt ſpäter bei dem tieferen Durchgreifen der Desorganiſation auf die andere.

Das Rückenmark des Froſches eignet ſich noch ſehr gut, um alle dieſe Localitätswirkungen der unmittelbar vorher eingetretenen und freier verlaufenden Nerven nachzuweiſen. Jedoch darf natürlich die angewandte Reizung weder zu ſtark ſein noch zu tief eingreifen, weil ſonſt auch weiter nach hinten gelegene Theile in Convulſionen gerathen. Van Deen [1]) hat die hier zum Vorſchein kommenden allgemeinen Reſultate, welche den 10 mit freiem Auge wahrnehmbaren Paaren von Rückenmarksnerven entſprechen, folgendermaßen formulirt.

Reizung der Vorderſtränge des Rückenmarkes des Froſches in der Gegend des	In Bewegung geſetzte Theile.
Erſten Wirbels.	Muskeln des Kopfes und vorzüglich des Unterkiefers.
Zweiten Wirbels.	Muskeln der Vorderfüße und der Bruſt.
Dritten Wirbels.	Bauchmuskeln.
Vierten Wirbels.	Untere Bauch= und obere Schenkelmuskeln.
Fünften Wirbels.	Majorität der Schenkelmuskeln.
Sechsten Wirbels.	Faſt alle Muskeln der Hinterfüße.

[1]) J. van Deen Traités et Découvertes sur la physiologie de la moëlle épinière. Traduit du Hollandais, augmentés de nouvelles recherches, qui n'ont pas été publiés et d'une planche lithographiée. Leide, 1841. 8. p. 11. 12.

Die Reizung des Rückenmarkes in der Gegend des ſiebenten Wirbels erzeugt nach van Deen nur dann Zuckungen der Zehenmuskeln, wenn der N. pudendus s. coccygeus ausnahmsweiſe mit zwei Wurzeln entſpringt. Die weiter nach hinten gelegenen Endtheile des Rückenmarkes rufen wenigſtens keine irgend in die Augen fallenden Bewegungen hervor. Reizung der einen Seitenhälfte regt bisweilen nur die Muskeln der entſprechenden Körperhälfte an, während die der Mittelſtücke, welche den beiden ſeitlichen Theilen des Rückenmarkes angehören, auch die entſprechende Geſammtmuskulatur des Froſches in Bewegung ſetzt.

Oeffnet man bei einem Hunde den Zwiſchenraum zwiſchen dem Hinterhaupte und dem Atlas und geht nun mit einer Staarnadel ein, ſo überzeugt man ſich, daß alle freien äußeren Theile des verlängerten Markes, die Pyramiden, die ſeitlichen, den Oliven des Menſchen analog gelagerten Stränge, die ſtrickförmigen Körper, die Varolsbrücke und der größte Theil der Oberfläche des vierten Ventrikels einen hohen Grad von Empfindlichkeit beſitzen (Magendie). Legt man die Urſprungsſtellen der Faſern des herumſchweifenden Nerven bei einem Kaninchen bloß, ſo reicht der geringſte Contact der Umgebung derſelben mit der Nadel hin, um dem Thiere die heftigſten Schmerzenstöne zu entlocken. Dagegen zeigt ſich hier die nächſte Umgebung der ſogenannten Schreibfeder und vorzüglich die ganze Oberfläche der Sylviſchen Waſſerleitung in ſo hohem Grade unempfindlich, daß man eine Sonde nach den Verſuchen von Magendie [1]) ohne alle Reaction bis in den dritten Ventrikel durchzuführen vermag. Jede Verletzung der inneren Theile des verlängerten Markes bedingt allgemeine und ſehr ſtarke Zuckungen, die auch, wenn das Leben nicht ſogleich durch Erſtickung zu Grunde geht, von Schmerzensäußerungen begleitet werden. 1494

Es leidet keinen Zweifel, daß alle motoriſchen Faſern des Rumpfes von dem Rückenmarke aus in das verlängerte Mark einſtreichen. Die Zerſtörung der Medulla oblongata ruft ſogleich lebhafte Krämpfe des Rumpfes und aller vier Extremitäten hervor. Bewegende Faſern der letzteren erſtrecken ſich auch, wie wir ſehen werden, in das große und kleine Gehirn. Iſt dieſes aber der Fall, ſo können ſie nur aus dem verlängerten Marke durch die Großhirnſchenkel und die verſchiedenen Kleinhirnſchenkel in die genannten Theile des centralen Nervenſyſtemes gelangen. 1495

Die Unterſuchung der Verhältniſſe des Gehirns wird uns das Reſultat liefern, daß ſeine rechte Hälfte motoriſche Faſern der linken und ſeine linke ſolche der rechten Körperhälfte enthält. Da nun eine Kreuzung der Art im Rückenmarke noch nicht Statt findet, ſo muß ſie in dem verlängerten Marke liegen. Es fragt ſich jedoch, ob ſie ſchon bei dem Beginn der Medulla oblongata vollſtändig oder unvollſtändig zu Stande kommt, oder erſt an einer ſpäteren Stelle derſelben hervortritt. Obwohl dieſer Punkt von verſchiedenen Forſchern verſchieden beantwortet worden, ſo läßt ſich doch gegenwärtig nicht nur der Grund dieſer Differenz, ſondern auch das wahre Verhältniß ziemlich genau angeben. Die erſte deutliche ſeitliche Kreuzung, welche wir von dem Rückenmarke aus antreffen, 1496

[1]) F. Magendie Vorlesungen über das Nervensystem und seine Krankheiten. Aus dem Französischen übersetzt von G. Krupp. Leipzig, 1841. 8. S. 160.

iſt die der Pyramiden. Sie umfaßt jedoch nur einen verhältnißmäßig kleinen Theil der Faſern, ſo daß ſich die Decuſſation der Nerven beider Extremitäten aus ihr allein nicht erklären ließe. Die ſeitliche Durchkreuzung ſetzt ſich aber weiter nach vorn in dem Innern des verlängerten Markes immer mehr fort, bis endlich die ausgewechſelten Faſern durch die Groß- und Kleinhirnſchenkel austreten [1]). Durchſchneiden wir mithin die Hälfte des verlängerten Markes ganz an dem Anfange der Pyramidenkreuzung, ſo werden wir nur ſeitlich entſprechende Wirkungen erhalten. Etwas weiter nach vorn müſſen die Pyramiden decuſſirte, die ſtrickförmigen Körper einfache Effecte bedingen, während endlich die Decuſſation in dem vorderſten Theile der Medulla oblongata, ſo weit ſich dieſes beurtheilen läßt, vollſtändig durchgreift.

Hieraus erklärt ſich, weshalb Flourens [2]) bei Tauben und Magendie [3]) und Hertwig [4]) bei lebenden Säugethieren, z. B. Hunden, keine Kreuzungserſcheinungen wahrnahmen, während Calmeil [5]) dieſelben an den hinteren, nicht aber den vorderen Strängen beobachtete. Ich ſelbſt erhielt bei Fröſchen an der hinteren Grenze der Medulla oblongata einfache, an der vorderen dagegen gekreuzte Erfolge [6]). Budge [7]) bemerkte das Gleiche bei friſch getödteten Katzen und fand ſogar dicht hinter der Pons ungleiche Verhältniſſe beider Extremitäten. Reizung der linken Seite des verlängerten Markes ganz nahe an der Brücke bewegte das rechte Hinterbein oder den linken Vorder- und den rechten Hinterfuß. Hiernach ſcheint auch die Kreuzung der ſpäter in das Rückenmark eintretenden Faſern der vorderen Extremitäten weiter nach vorn über der Brücke zu erfolgen. Die Möglichkeit der Mittheilung, welche in dem Rückenmarke vorhanden iſt, raubt jedoch dieſem Verſuche ſeine definitive Beweiskraft.

1497 Das verlängerte Mark und die mit ihm ſo innig verbundene Varolsbrücke nimmt nicht bloß alle von dem Rückenmarke emporſteigenden ſenſiblen und motoriſchen Faſern, ſondern einen beträchtlichen Theil der Hirnnerven in ſich auf. Dieſes verſteht ſich von dem Zungenſchlundkopf-, dem herumſchweifenden, dem oberen Theile des Beinerven und dem Zungenfleiſchnerven, deren Wurzelfaſern von der Medulla oblongata abgehen, von ſelbſt. Allein auch der dreigetheilte, der Rollmuskel-, der Antlitz-

---

[1]) S. Th. v. Sömmerring Hirn- und Nervenlehre. Neue Umarbeitung. Leipzig, 1841. 8. S. 262—69.

[2]) P. Flourens Récherches expérimentales etc. p. 121.

[3]) F. Magendie Handbuch der Physiologie. Dritte Auflage. Uebersezt von Heusinger. Thl. I. Eisenach, 1834. 8. S. 351.

[4]) H. Hertwig Experimenta quaedam de effectibus laesionum in partibus encephali singularibus et de verosimili harum partium functione. Berolini, 1826. 4. p. 24. 25.

[5]) F. A. Longet Anatomie et physiologie du système nerveux. Tome I. Paris, 1842. 8. p. 400.

[6]) De functionibus nervorum p. 134.

[7]) J. Budge Untersuchungen über das Nervensystem. Erstes Heft. Frankfurt a. M., 1841. 8. S. 21. 22.

und der Hörnerv begeben ſich mit ſehr vielen, der gemeinſchaftliche Augenmuskelnerv und vielleicht ſelbſt der Sehnerv mit einem Theile ſeiner Faſern in den Hirnknoten und die Medulla oblongata, ſo daß dieſe beiden Gebilde zuſammen gleichſam die Concentrationsſtellen der Primitivfaſern der meiſten Körpernerven darſtellen.

Die anatomiſche Unterſuchung lehrt, daß die Faſern des Antlitznerven, 1498
welche nach Retzius mit den Oliven in inniger Beziehung ſtehen, innerhalb der Längsfaſern der Brücke ſehr nahe bei denen des dreigetheilten Nerven verlaufen. Es wird daher vielleicht von hier aus das raſche Spiel der Mimik des Geſichtes zunächſt vorbereitet. Eben ſo haben die Bewegungen der Athemorgane größtentheils in derjenigen Parthie des verlängerten Markes, die ſich an und vor dem Abgange der Wurzeln des herumſchweifenden Nerven befindet, ihren Sitz. Die graue Subſtanz endlich, welche vor und neben dem Rückenmarkscanale liegt und in welche der größte Theil der Primitivfaſern des Zungenfleiſchnerven eintreten, der von Stilling [1]) ſogenannte Hypogloſſuskern, ruft nach dieſem Forſcher, wenn er unmittelbar nach dem Tode gereizt wird, lebhafte Bewegungen der Zunge hervor.

Es ließe ſich theoretiſch erwarten, daß die ſenſiblen Faſern, welche 1499
ſich aus dem verlängerten Marke nach dem großen und dem kleinen Gehirn begeben und in dieſen Theilen nach allen Seiten hin verbreiten, dieſen Gebilden ebenfalls, wie dem verlängerten Marke, einen hohen Grad von Empfindlichkeit verleihen. Allein die Erfahrung führt in dieſer Hinſicht zu der Erkenntniß einer Reihe von Eigenthümlichkeiten, für welche uns noch ein ſicherer Erklärungsgrund gäuzlich mangelt. Legt man bei einem Säugethiere oder Vogel, z. B. einem Kaninchen, einer Katze, einem Hunde, einer Taube, einer Ente die Großhirnhemiſphären bloß, ſo hat hierdurch das Thier nicht im Geringſten das Vermögen der Schmerzensperception verloren. Es fühlt, wie man deutlich ſieht, jedes Kneipen der Haut. Ja die bloße Durchſchneidung der dura Mater veranlaßt nicht ſelten eine unbeſtreitbare ſenſible Reaction. Berührt man dagegen ſeine Großhirnhemiſphären oder ſticht ſelbſt durch ſie eine Sonde bis auf die Schädelbaſis durch, ſo bleibt es vollkommen ruhig. Es zuckt und ſchreit nur dann, wenn man zufällig den dreigetheilten Nerven, die Großhirnſchenkel, den Sehhügel, das verlängerte Mark, d. h. fremdartige ſenſible Theile getroffen hat. Nimmt man nun jede Großhirnhemiſphäre ſcheibenweiſe bis auf das Centrum semiovale Vieussenii oder die Höhle der Seitenventrikel hinweg, ſo verhält ſich das Kaninchen z. B. eben ſo indifferent dabei, als wenn man ihm die Nägel oder die Haare abſchnitte. Die gleichen Erſcheinungen wiederholen ſich auch bei dem Menſchen. Es iſt ſchon mehrfach beobachtet worden, daß man Perſonen ein Stück der Großhirnhemiſphären, welches z. B. durch eine Schädelwunde vorgefallen war, ohne die geringſte Reaction abſchnitt, oder daß Chirurgen Parthieen

---

[1]) B. Stilling über die Textur und Function der Medulla oblongata. Erlangen, 1843. 4. S. 57.

der Hemiſphärenmaſſe bei Entleerung von Eiter oder anderen fremden Körpern mit dem Löffel entfernten, ohne daß der Kranke das Geringſte davon merkte.

Dieſe Unempfindlichkeit der Großhirnhemiſphäre macht es möglich, daß man die inneren Theile des Gehirns lebender Thiere auf kürzerem und weniger ſchmerzhaftem Wege, als es ſonſt anginge, bloßzulegen im Stande iſt. Man braucht nämlich nicht erſt bei jungen Kaninchen, Katzen oder Hunden die Schädeldecke für ſich zu entfernen, ſondern ſchneidet mit einem ſcharfen Meſſer den oberen Theil des Schädeldaches nebſt den ihm anliegenden Großhirntheilen in einem Zuge los. Wird die Operation ſehr raſch vollführt, ſo geben die Thiere dabei nicht ſelten gar keinen Schmerzenston von ſich.

1500 Viele andere Parthieen des großen und des kleinen Gehirns zeigen die gleiche Unempfindlichkeit. Hebt man die Großhirnhemiſphäre in die Höhe und reizt die an der Baſis befindlichen Windungstheile derſelben oder die ihnen correſpondirenden Gebilde, ſo fehlt alle Reaction. Dasſelbe wiederholt ſich, wenn man den Hirnanhang mit dem Trichter verletzt. Entfernt man bei einem Kaninchen ein langes dünnes Knochenblatt dicht neben dem Sinus longitudinalis superior, geht dann mit einem Scalpell zwiſchen den beiden Großhirnhemiſphären bis auf die Schädelbaſis ein und durchſchneidet den Balken, die durchſichtige Scheidewand, das Gewölbe, die vordere Commiſſur und den Boden des dritten Ventrikels, ſo verhält es ſich bei allen dieſen Verletzungen vollkommen ruhig. Das Reſultat ändert ſich ſogar nicht, wenn man das Meſſer etwas zu weit nach außen eingeſtoßen und ſo die inneren Theile der Großhirnhemiſphäre ſelbſt angegriffen hat. Begiebt man ſich dagegen zu weit nach hinten, ſo daß man die N. N. oculomotorii, die Großhirnſchenkel oder gar die Varolsbrücke mit dem verlängerten Marke erreicht, ſo ſchreit das Thier laut auf. Hat man nach Entfernung des Schädeldaches und des oberen Theiles der Großhirnhemiſphären den Balken bloßgelegt, ſo kann man ſeine Oberfläche mit einem Stilette, ſo viel man will, reiben, ohne daß ſich das Kaninchen im Geringſten um dieſen Eingriff kümmert.

1501 Iſt der Seitenventrikel geöffnet worden, ſo ruft jede mechaniſche Reizung der äußeren und vorderen Theile des Streifenhügels keinen Schmerz hervor. Es wird aber um ſo merklicher, je mehr man ſich den Großhirnſchenkeln nähert und beſitzt nicht ſelten, ſo wie man dieſe ſelbſt angreift, eine bedeutende Intenſität. Jede Verletzung des Sehhügels bedingt eine merkliche Gegenwehr. Kaninchen brummen bisweilen dabei, während Hunde bellende Töne von ſich geben (Magendie) [1]. Wie ſich in dieſer Hinſicht das Ammonshorn und die anderen Theile des Unterhornes des Seitenventrikels verhalten, iſt noch unbekannt.

1502 Die Zirbeldrüſe ſelbſt oder ihre nach den Sehhügeln hinübergehenden Stiele können bei Kaninchen ohne Schmerzensäußerungen entfernt werden [2]. Eine oberflächliche und leiſe Reizung der Vierhügel wird ebenfalls häufig ohne merkliche Wirkung ertragen. Jede tiefere Verletzung dagegen verurſacht immer eine größere oder geringere Reaction. Trifft man die Haube

[1]) Magendie Vorlesungen über das Nervensystem S. 131.

[2]) Magendie a. a. O. S. 133.

oder den ganzen Großhirnſchenkel oder das verlängerte Mark und die Brücke, ſo wehrt ſich das Thier auf das Heftigſte und ſchreit laut auf. Daß die Wandungen der Schreibfeder und der Sylviſchen Waſſerleitung ganz und gar empfindungslos ſind, wurde ſchon §. 1494 angeführt.

Am kleinen Gehirn wiederholen ſich zum Theil die gleichen Erſchei- 1503
nungen wie am großen. Jede oberflächliche Reizung der Hemiſphären oder des Wurmes bleibt unbeantwortet. Man kann von beiden Theilen Scheiben bis zu einer gewiſſen Tiefe losſchneiden, ohne daß das Thier etwas merkt. Dagegen entſtehen ſchon häufig Schmerzen, ſo wie man die Unterfläche dieſer Organe verletzt oder bis in das Innere des Ciliarkörpers vordringt. Ob jedoch dieſe Senſibilitätserſcheinungen durch eine gleichzeitige Zerrung der Kleinhirnſchenkel zu Stande kommen oder nicht, bleibt vorläufig dahingeſtellt. Die Durchſchneidung der verſchiedenen Kleinhirnſchenkel, welche zu dem verlängerten Marke oder der Brücke hinübergehen, iſt immer mit den ſtärkſten Schmerzen verbunden.

Stellen wir nun zuvörderſt die ſenſiblen und inſenſiblen Theile des centralen Nervenſyſtemes zuſammen, ſo erhalten wir folgende Tabelle:

Centraltheile des Nervenſyſtemes

empfindlich.	unempfindlich.
Rückenmark, vorzüglich die hintere und ſeitliche Oberfläche deſſelben.	Umgebung des Calamus scriptorius und Wandung der Sylviſchen Waſſerleitung.
Boden des vierten Ventrikels.	Zirbeldrüſe und Pedunculus conarii.
Strickförmige Körper, Olivenſtränge, Pyramidenſtränge und Brücke.	(Vorzüglich obere und äußere) Rindentheile der Hemiſphären und des Wurmes des kleinen Gehirns.
Crura cerebelli ad pontem und ad medullam oblongatam.	Wandungen des dritten Ventrikels (Commissura mollis). Trichter und Hirnanhang. Vordere Commiſſur. Gewölbe. Durchſichtige Scheidewand. Balken.
Innerer und unterer Theil des kleinen Gehirns?	Körper des Streifenhügels.
Zum Theil die Vierhügel und vorzüglich die Hauben und die Großhirnſchenkel überhaupt.	Graue und weiße Maſſe der Windungen der Hemiſphären des großen Gehirns. Centrum semiovale Vieussenii und Dach der Seitenventrikel.
Sehhügel und innerer Urſprungstheil der Streifenhügel.	

Viele Forſcher erklären dieſe Erſcheinungen einfach daraus, daß das verlängerte Mark mit der Brücke die Organe ſeien, durch welche der Schmerz überhaupt empfunden wird und daher die über ihnen oder jenſeits derſelben gelegenen Organe noch ſo heftige ſenſible Reize nicht mehr auffaſſen können. Wäre dieſes richtig, ſo dürften weder die Klein- noch die Großhirnſchenkel Schmerzensempfindungen verurſachen. Jeder andere Erklärungsverſuch ſcheitert aber vorläufig noch an unſeren unvollſtändigen Kenntniſſen der Thätigkeiten der verſchiedenartigen Nervenkörper des centralen Nervenſyſtemes.

Die bedeutende Empfindlichkeit der Großhirnſchenkel, der Brücke und des verlängerten Markes giebt ſich auch häufig genug durch die unerträglichen Schmerzen, an welchen Kranke mit Caries, Geſchwülſten, Aneurysmen an der Basis cranii leiden, zu erkennen. Eben ſo bewirken Tuberkeln und andere Ablagerungen an der Grundfläche des Gehirns heftige Kopfſchmerzen, indem ſie entweder die empfindlichen Theile des Gehirns ausdehnen oder drücken oder beide Wirkungen zugleich ausüben. Congeſtionen und Entzün-

dungen müſſen, indem ſie ſich ohne Unterſchied auf die empfindlichen und unempfindlichen Gebilde erſtrecken, die gleichen Folgen verurſachen. Allein die chirurgiſche Erfahrung lehrt auch, daß ein vorgefallenes entzündetes oder zum Theil vereitertes Stück der Großhirnhemiſphäre eben ſo inſenſibel, wie ein geſundes erſcheint. In daſſelbe eingedrungene Knochen- oder Glasſplitter, darin haftende Kugeln, eingeſchlagene Eiſenſtücke u. dgl. veranlaſſen eben ſo wenig Schmerz, als die Exſtirpation verrotteter Hemiſphärentheile ſelbſt.

Was man im gewöhnlichen Leben mit dem allgemeinen Namen des Kopfſchmerzes bezeichnet, beſteht häufig in keiner bloßen Affection des Gehirns, ſondern auch in einer peripheriſchen Reaction einzelner ſenſibler Nerven, vorzüglich des Trigeminus. Hierher gehören z. B. der Stirnſchmerz bei Katarrhen und ähnlichen Leiden, die Empfindlichkeit und das Thränen des Auges, die Senſibilität der Haarwurzeln, das Stechen im Ohre, das Ziehen in der Schläfe, der Wange und anderen Theilen des Geſichtes, bei Migraine u. dgl. mehr. Sind einmal die empfindenden Theile des Gehirns oder der Nervenwurzeln zu ſchmerzhaften Reactionen geſtimmt, ſo muß jede ſie treffende Bewegung den unangenehmen Eindruck verſtärken. Er vergrößert ſich daher, wie die tägliche Erfahrung lehrt, durch fernere Congeſtionen nach dem Kopfe, durch kräftige Bewegungen deſſelben, durch heftige Exſpirationen, wie ſie bei dem Huſten, Nieſen, Schluchzen, dem Drücken dem Stuhlgange vorkommen, und endlich durch relativ angeſtrengtes Denken. Oft wird auch der Kopfſchmerz durch eine ungleiche Vertheilung der Blutmaſſe und eine übermäßige Anhäufung derſelben im Gehirn hervorgerufen. Anhaltende Stuhlverſtopfung bedingt ihn auf dieſe Weiſe, während ihm ſtarke Laxantien leicht entgegenwirken.

1504 Hält man ſich nur an die in jeder Beziehung zuverläſſigen Verſuche, welche in Betreff des kleinen und großen Gehirns und der Groß- und Kleinhirnſchenkel angeſtellt worden, ſo ergiebt ſich als allgemeines Reſultat, daß die Lähmung der Rumpf- und Extremitätenmuskulatur, welche nach einſeitiger Verletzung der genannten Centraltheile des Nervenſyſtemes erfolgt, den Geſetzen der Kreuzung folgt. Entfernt man bei einem Säugethiere oder Vogel die Hemiſphäre des großen und des kleinen Gehirns der rechten Seite, ſo wird die linke Körperhälfte, und umgekehrt, gelähmt. Das Gleiche kehrt auch bei dem Menſchen in den bei Weitem meiſten Fällen von Hemiplegie wieder. Die Leiche eines Mannes, der z. B. links halbſeitig gelähmt war, wird uns in der Regel ein Extravaſat, ein Eiterdepot oder einen Erweichungsheerd in der rechten Hirnhälfte darbieten.

1505 Die Geſichtsmuskeln folgen häufig derſelben Kreuzungsregel, können jedoch auch an der leidenden Hirnſeite paralyſirt ſein. Das Gleiche gilt von den Augenmuskeln. In dem erſteren Falle iſt mithin der Mund nach der geſunden Körperſeite hin verzogen, während das Auge der paralytiſchen nach innen ſchielt. Der weiche Gaumen ſteht dann auch häufig ſchief nach der geſunden Seite hin.

Die Verhältniſſe der Zunge erfordern in ſolchen Fällen eine genauere Berückſichtigung. Wir finden z. B. häufig, daß die linke Seite des Geſichtes, der linke Arm und Fuß eines Menſchen gelähmt ſind und daher der Mund nach rechts verzogen wird. Die in der Mundhöhle ruhig liegende Zunge zeigt keine auffallende Verzerrung. Streckt ſie dagegen der Kranke zum Munde heraus, ſo ſteht ihre Spitze ſchief und zwar nicht nach der geſunden, ſondern nach der kranken, d. h. nach der linken Seite hin gerichtet. Dieſe Thatſache könnte uns leicht zu der Annahme verleiten, daß die rechte Zungenhälfte gelähmt ſei und mithin in Betreff des Hypoglossus keine Kreuzungs-, ſondern eine directe Wirkung, die auch an ihm wie am Facialis vorkommen kann, Statt finde. Etwas der Art iſt jedoch nicht nothwendiger Weiſe der Fall. Denn ſind die linken Zungenmuskeln ihrer Kraft beraubt, ſo werden die rechten allein die Zunge vorſchieben können. Ziehen ſie ſich aber ohne Gegenwirkung ihrer ſeitlichen Antagoniſten zuſammen, ſo müſſen ſie

die Zungenſpitze nach der linken Seite hinwenden. Der Umſtand, daß ſie nach der Seite der Hirnabnormität gerichtet iſt, beweiſt mithin gerade, daß dann auch der Hypoglossus dem allgemeinen Geſetze der Kreuzungswirkung gehorcht. Dieſes Theorem ließe ſich ſogar, wie man leicht ſieht, in Anwendung bringen, wenn ſelbſt die in der Mundhöhle ruhende Zunge die genannte abnorme Richtung ihrer Spitze darböte.

Eine ſehr fleißige Zuſammenſtellung älterer, freilich noch, wo möglich, kritiſch zu ſichtender Sectionsreſultate, welche die Kreuzungsverhältniſſe betreffen, hat C. F. Burdach in ſeinem Werke Vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. III. Leipzig, S. 367—74 gegeben. Hiernach war z. B. die Lähmung der Extremitäten in 258 Fällen nur 15 Mal auf derſelben und 243 Mal auf der entgegengeſetzten Seite wie der Hirnfehler. Unter 38 Fällen erſchien die Geſichtslähmung in 10 gleichſeitig und in 28 ungleichſeitig.

Manche Theile des Gehirns beſitzen einen directen Einfluß auf ein- 1506
zelne Gebilde, welche von Cerebralnerven verſorgt werden. Jede Reizung der Vierhügel lebender Thiere bewirkt, daß ſich die Augenmuskeln zuſammenziehen, die Pupille verändert und zwar in der Regel verkleinert. Obwohl alle dieſe Effecte kreuzweiſe erfolgen, ſo kann ſich doch auch die Regenbogenhaut des entſprechenden Auges gleichzeitig mitcontrahiren (Flourens) [1]).

Legte ich bei einem friſch getödteten jungen Kaninchen die Seitenventrikel und die Geſichtsmuskeln bloß, ſo erhielt ich Zuckungen des Buccinator und der benachbarten Antlitzmuskeln der linken Seite, wenn ich entweder den rechten Streifen- oder den ihm benachbarten Sehhügel anſtach. Die Contractionen hörten bald auf und wiederholten ſich, ſo oft ich das Corpus striatum oden den Thalamus N. optici von Neuem angriff. Eben ſo bewegten ſich die Taſthaare der entgegengeſetzten Seite und die Zunge neugeborener Katzen in wiederholten Verſuchen ſehr lebhaft, ſobald ich den Sehhügel mit ſeinen benachbarten Wandungen des Seitenventrikels ſchichtenweiſe abtrug. Dieſe Beobachtung erläutert uns die Kreuzungslähmung der Muskulatur des Geſichtes, welche ſo häufig Hemiplegien begleitet. Reizte ich rechts den hinteren Gewölbſchenkel oder das Ammonshorn am Anfange des Unterhornes des Seitenventrikels junger Kaninchen in gleicher Weiſe, ſo zuckte die linke Hälfte des Orbicularis oris ſehr ſtark. Jedoch iſt mir dieſer Verſuch bei jungen Kätzchen nur einmal gelungen.

Der Einfluß, welchen die Centraltheile auf die Bewegungen der Ein- 1507
geweide der Bruſt und des Unterleibes ausüben, läßt ſich nicht bloß aus täglichen allgemeinen Erfahrungen, wie dem Eintritte von Herzklopfen, Diarrhö, Harnexcretion, Samenergießung u. dgl. nach Gemüthseffecten und aus Krankheitsbeobachtungen erſchließen, ſondern auch durch Verſuche an friſch getödteten Thieren direct beweiſen. Man erſtickt ſie zu dieſem Zwecke durch eine um die Luftröhre geſchnürte Ligatur, öffnet unmittelbar nach dem Tode den Schädel, die Bruſt- und die Bauchſtöhle und greift die entſprechenden Centraltheile des Nervenſyſtemes mit dem Meſſer und dann mit einem in Salpeterſäure eingetauchten Glasſtilett ſogleich an. Experimentirt man an einer größeren Zahl von Hunden, Katzen oder Kanin-

---

[1]) a. a. O. p. 144.

chen, ſo gelangt man zu einer Reihe von Reſultaten, welche eine ziemlich vollſtändige Geſammtüberſicht liefern.

Man bemerkt zuvörderſt, daß die Zerſtörung des verlängerten Markes und des Rückenmarkes örtliche Zuckungen der Ventrikel des Herzens oder Bewegungen des Magens, der dünnen oder der dicken Gedärme, des Maſtdarmes, der Harnblaſe, der Samenleiter oder der Tuben anzuregen im Stande iſt. Beeilt man ſich ſehr mit der Beobachtung, ſo wird man ſogar finden, daß man kaum ein Thier in dieſer Beziehung prüft, ohne wenigſtens die eine oder die andere der angeführten Erſcheinungen wahrzunehmen. Was aber die übrigen Hirntheile betrifft, ſo haben in dieſer Beziehung die Beobachtungen von Budge [1]) und mir zu folgenden, der Kürze wegen tabellariſch zuſammengeſtellten Ergebniſſen geführt.

Hirntheil.	In Bewegung geſetzte Eingeweide.
Streifenhügel, zum Theil Sehhügel, Centrum semiovale Vieussenii, Stabkranz, Balken und Gewölbe.	Herz.
Streifenhügel.	Magen und zum Theil die dünnen und dicken Gedärme, ſo wie der Maſtdarm. (Zwerchfell.)
Sehhügel.	Magen, dünne und dicke Gedärme, Maſtdarm. (Zwerchfell.)
Hauben und Baſen der Großhirnſchenkel.	Magen, dünne und dicke Gedärme, Maſtdarm, Harnblaſe.
Kleines Gehirn.	Magen, dünne und dicke Gedärme, Maſtdarm, Harnblaſe und innere Geſchlechtstheile, z. B. Vasa deferentia oder Tuben.

Bei einem Kaninchen gerieth auch der Maſtdarm in lebhafte ſtoßende Bewegung, wenn man die Hintertheile der Großhirnhemiſphäre verletzte.

Die Beweiskraft dieſer Erfahrungen iſt von einzelnen Forſchern in Zweifel geſtellt worden. Manche von ihnen [2]) glaubten einen erheblichen Gegengrund in negativen Reſultaten oder dem häufigen Mißlingen ſolcher Verſuche zu finden. Allein wenn überhaupt Eine poſitive Erfahrung, deren man ſicher iſt, in der Phyſiologie mehr gilt, als hundert negative, ſo verdient ſie noch unter den Verhältniſſen, in welchen ſolche Experimente angeſtellt werden können, eine beſondere Berückſichtigung. Man tödtet das Thier. Die Reizbarkeit verſchwindet in wenigen Minuten. Kurze Zeit nach dem Tode ruft die Durchſchneidung des Rückenmarkes keine Convulſionen der Hinterbeine, die Zerſtörung des einen Großhirnſchenkels keine Zuckungen der entgegengeſetzten oder entſprechenden Körperhälfte hervor. Was würde man ſagen, wenn Jemand hieraus ſchließen wollte, daß das Rückenmark oder die Crura cerebri keinen Einfluß auf die Bewegungen der Extremitäten ausüben? Wenn aber Jeder mit Recht ſolche negative Ergebniſſe als keinen Gegenbeweis gegen die Abhängigkeit der Thätigkeit der willkürlichen Muskeln von dem centralen Nervenſyſteme anſieht, wenn er in dieſer Hinſicht Eine poſitive Erfahrung

---

[1]) J. Budge Untersuchungen über das Nervensystem. Erstes Heft. Frankfurt am Main, 1841. 8. S. 124 fgg. Heft II. 1842. 8. S. 1 fgg.

[2]) R. Wagner Lehrbuch der ſpeciellen Phyſiologie. S. 499 u. 511. Stilling in Schmidt-Göschen's Jahrbüchern der gesammten Medicin. Bd. 42. S. 13—15. Volkmann in Müller's Archiv, 1842. S. 372 fgg.

für beweiſender hält, als eine noch ſo große Menge negativer, warum ſoll nicht auch dieſelbe Logik für die Eingeweide der Bruſt- und der Bauchhöhle gelten? Abſtrahiren wir ſelbſt von demjenigen, was die unmittelbare phyſiologiſche Beobachtung des unverletzten Menſchen und die Pathologie täglich an die Hand giebt, ſo muß ſelbſt die ſchon früher widerlegte Theorie der Selbſtſtändigkeit des Sympathicus aus doppelten Gründen einen Einfluß der Centraltheile auf die genannten Eingeweide geſtatten. Denn 1) hängt z. B. die Bewegung des Herzens oder des Magens von einfachen Hirnnerven, wie dem Vagus und Accessorius ab, ſo daß eine Verletzung der Medulla oblongata dieſe Theile nach den Geſetzen der Nervenphyſiologie in Thätigkeit ſetzen wird, und 2) geſetzt, es entſprängen auch wahrhaft eigenthümliche ächte Nervenfaſern in den Ganglien, — was, wie wir geſehen haben, nicht Statt findet — ſo werden wir genöthigt, die Möglichkeit der Uebertragung einer Reizung der in die Knoten eintretenden Cerebroſpinalfaſern auf dieſe ſupponirten Ganglien-Nervenfaſern anzunehmen, weil ſchon jede Verletzung der Vierhügel und der Hauben Veränderungen der Pupille hervorruft.

Man hat als Haupteinwand vorgebracht, daß der Einfluß der Atmoſphäre die Eingeweide der Bruſt- und Bauchhöhle nach dem Tode von ſelbſt in Bewegung ſetze und ſolche Contractionen von Neuem zu unbeſtimmten Zeiten erneuere, ſo daß man nicht wiſſe, was dieſen Momenten und was der Reizung der Centraltheile angehöre. Ich hatte ſelbſt ſchon dieſe Verhältniſſe bei den Verſuchen über die Thätigkeit des Sympathicus berückſichtigt [1]) und daher auch natürlich nicht bei dieſen Experimenten außer Acht gelaſſen. Allein ein genaueres Studium lehrt, daß man nichts deſto weniger bei gehöriger Vorſicht zu poſitiven Ergebniſſen gelangen kann.

Oeffnet man die Bauchhöhle eines friſch getödteten Thieres und hütet ſich, die Eingeweide anzugreifen oder indirect mechaniſch zu erregen, ſo gerathen in der Regel die dünnen Gedärme durch den bloßen Reiz der atmoſphäriſchen Luft in lebhafte Periſtaltik. Die dicken bleiben meiſtentheils, wenn man ſie nicht mit den Fingern angefaßt oder geſchüttelt hat, in Ruhe und eben ſo der Maſtdarm. Ziehen ſich aber ſelbſt dieſe Gebilde zuſammen, ſo ſind ihre Contractionen weit gelinder, als nach den bald zu erwähnenden Nervenreizen. Das Gleiche gilt von der Harnblaſe. Automatiſche wurmförmige Bewegungen des Magens oder des Vas deferens ohne mechaniſchen oder chemiſchen Anſpruch habe ich, obgleich ich Hunderte von Thieren in dieſer Hinſicht zu beobachten Gelegenheit hatte, in keinem Falle geſehen.

Reizt man aber die oben genannten Hirntheile, ſo findet ſich in Einzelfällen, daß ſich der Magen in ſeiner Mitte tief einſchnürt und in lebhafte Periſtaltik, vorzüglich an ſeiner Pförtnerhälfte, geräth. Der Dickdarm zieht ſich bisweilen ſo ſtark zuſammen, wie es die dünnen Gedärme von ſelbſt thun. Der Maſtdarm geräth in eine lebhafte Stoßbewegung, ſo daß ſein ſenkrechter Theil gegen den After hinab und dann wieder, wie ein Pumpenſtiel, hinauf geführt wird — eine Heftigkeit und Modalität der Contraction, welche er durch den bloßen Reiz der Luft nie annimmt. Die Harnblaſe geräth in ſo ſtürmiſche Contraction, daß der Urin in einem Strahle hervorſpritzt. Die Tuben bieten die lebhafteſte Periſtaltik dar, und die Vasa deferentia gerathen bei brünſtigen Thieren in eine ſolche Wurmbewegung, daß ſie die auffallendſten Schlangenlinien gleich einer kleinen Annelide beſchreiben. Die Poſitivität ſolcher Effecte iſt mithin nicht bei unpartheiiſcher Auffaſſung der Sachlage in Abrede zu ſtellen.

Man wählt am beſten, um alle ſtörenden mechaniſchen Erſchütterungen zu vermeiden, jüngere Thiere, vor Allem Katzen, nächſt ihnen auch Hunde oder Kaninchen, tödtet ſie durch eine um die Luftröhre geſchnürte Ligatur, ſchneidet raſch die Schädeldecke mit der Scheere durch, legt dann das Cadaver ſo, daß alle Theile das gehörige Licht erhalten, und öffnet erſt zuletzt den Unterleib. Hierbei vermeidet man jede Berührung der Eingeweide und darf nicht den Leichnam von ſeiner Stelle rücken, weil ſonſt leicht periſtaltiſche Bewegungen, vorzüglich der dicken Gedärme oder des Maſtdarmes, welche länger als die Reizbarkeit der Centraltheile des Nervenſyſtemes dauern, entſtehen können. Dieſe letzteren werden zuerſt mit dem Meſſer und dann mit einem in Salpeterſäure getauchten Glasſtabe angegriffen.

Eine automatiſche Periſtaltik der dünnen Gedärme iſt natürlich nicht trotz aller Vorſicht, welche man bei der eben erwähnten Verſuchsmethode anwendet, zu vermeiden. Sieht

---

[1]) De functionibus nervorum p. 62. Nota 2.

man daher auch, daß ſie nach der Reizung beſtimmter Hirntheile an einzelnen Punkten neu entſteht oder weſentlich verſtärkt wird, ſo können ſolche Thatſachen keine Beweiſe liefern, weil der Reiz der Luft oder die geringſte mechaniſche Erſchütterung daſſelbe zu bewirken vermag. Um daher auch hier poſitivere Reſultate zu erzielen, verfuhr ich folgendermaßen. Es wurde bei einem friſch getödteten Meerſchweinchen die künſtliche Athmung eingeleitet und dann mit Ruhe die Bauchmuskulatur dergeſtalt losgetrennt, daß die dünnen Gedärme durch das Peritoneum hindurchſchimmerten. Man legte hierauf das kleine Gehirn bloß. Die Eingeweide blieben vollkommen ruhig. So wie dagegen die Hemiſphären des kleinen Gehirns und vorzüglich der Wurm deſſelben mechaniſch gereizt wurde, entſtand ſogleich ein wahrer Sturm von Periſtaltik in den dünnen Gedärmen. Noch beſſer gelangen mir ſpäter die gleichen Verſuche an Katzen, welche einige Monate alt waren. Das Gehirn des unmittelbar vorher durch eine Halsligatur getödteten Thieres wurde zuvörderſt frei gemacht und dann der Obliquus abdominis externus und internus getrennt. War dieſes geſchehen, ſo wurde der Rectus abdominis mit einem Scalpellſtiele vorſichtig abgehoben. Es gelang auf dieſe Weiſe, eine Strecke des Bauchfelles dicht neben der Linea alba vollkommen zu iſoliren, ohne daß die geringſte Verletzung deſſelben Statt fand. Die deutlich durchſchimmernden dünnen Gedärme verhielten ſich vollkommen ruhig. Sie geriethen aber ſogleich in Bewegung, ſo wie die Großhirnſchenkel oder das kleine Gehirn gereizt wurden. Bald darauf ſtanden ſie wieder ſtill. Ich wiederholte die Reizung von Neuem, und eine abermalige Periſtaltik bildete wiederum die Folge des Verſuches. Nach ihr trat von Neuem Ruhe ein. Iſt aber nur das kleinſte Loch im Bauchfelle, wie dieſes häufig geſchieht, während der Präparation entſtanden, ſo eignen ſich ſolche Thiere nicht mehr zu Verſuchen über die Verhältniſſe der dünnen Gedärme.

Das Herz bietet in dieſer, wie in ſeinen übrigen nervöſen Beziehungen die meiſten Schwierigkeiten dar. Es pulſirt, wenn man die Bruſthöhle eines eben getödteten Säugethiers öffnet, im Ganzen oder in ſeinen einzelnen Theilen, vorzüglich den Vorhöfen fort, ſteht dann, ſo weit ſich die Sache mit dem freien Auge beurtheilen läßt, vollkommen ſtill und beginnt bisweilen ſeine Schläge von Neuem, ohne daß wir uns von irgend einer Veranlaſſung Rechenſchaft geben können. Mechaniſche Erſchütterungen rufen ſie oft hervor, bleiben jedoch auch häufig erfolglos. Bald bewegen ſich die Vorhöfe und die Kammern, bald nur einer der genannten Theile, und zwar vorzüglich die Atrien, bald endlich bloß einzelne Strecken derſelben. Es entſtehen mit einem Worte die mannichfachſten automatiſchen Wirkungen ohne beſondere anregende Urſache. Sogar eine Verſtärkung des Herzſchlages oder eine ſchnellere Pulſation deſſelben beweiſt nicht mit aller Beſtimmtheit, weil auch dieſe Erſcheinungen bisweilen von ſelbſt auftreten. Unter ſolchen Verhältniſſen bleibt nichts übrig, als ſich aus vielen wiederholten Verſuchen ein Geſammturtheil zu bilden. Steht das Herz ſtill und beginnt wiederum, wie ich es in früheren und ſpäteren Verſuchen oft geſehen habe, ſeine Pulſationen von Neuem oder macht an ſeinen Ventrikeln eine Reihe von örtlichen, bald wieder aufhörenden Zuckungen, wenn ich den Balken und das Gewölbe oder das verlängerte Mark mit einem in Salpeterſäure getauchten Stabe zerſtöre, ſo gewinnt die Vermuthung, daß hier die wahrgenommene Wirkung und die anregende Urſache nur zufällig coincidirende Dinge ſeien, um ſo mehr an Wahrſcheinlichkeit, je häufiger eben beide zuſammentreffen. Negative Erfahrungen hingegen haben hier eben ſo wenig Gewicht, als bei den übrigen Eingeweiden.

Daß Unterbrechungen des Nervenverlaufes der Primitivfaſern die Effecte aufheben, erhärtet folgender Verſuch. Ein männliches erwachſenes Kaninchen wurde durch eine um die Luftröhre gelegte Ligatur getödtet und nicht nur ſein Gehirn, ſondern auch ſein Rückenmark vom zweiten Bruſtwirbel bis zum Becken hin raſch bloßgelegt. Blaſe und Maſtdarm waren durch die Erſchütterung oder andere Urſachen in Bewegung gerathen. Nachdem ſie wieder ruhig geworden, ſtach ich mit einem Meſſer durch die vorderen Vierhügel. Es entſtanden ſtarke Contractionen der Blaſe und ſchwache des Maſtdarmes. Nun wurden die hinteren Wurzeln der unteren Bruſt- und der Lendennerven durchſchnitten. Eine erneuerte Reizung der Vierhügel hatte den früheren Erfolg. Durch Abtragung der Hemiſphären und des Wurmes des kleinen Gehirns entſtanden von Neuem ſehr lebhafte und lange anhaltende Zuſammenziehungen der Blaſe und ſchwache des Maſtdarmes. Hierauf wurden die Vierhügel von Neuem gereizt. Die Wirkung auf Blaſe und Maſtdarm blieb bei mehrfacher Wiederholung nicht aus. Sie fehlte aber, nachdem

der freigelegte Theil des Rückenmarkes zerſtört worden. Nehmen wir an — was ſich freilich phyſiologiſch nicht abſolut beweiſen läßt —, daß die Effecte der genannten Hirnpartheien nicht durch fernere Fortpflanzung der Reizung, ſondern durch directe Einwirkung auf die centralen Faſern der Blaſe und des Maſtdarmes entſtehen, ſo lehrt dieſer Verſuch, daß die Letzteren durch das Rückenmark emporſteigen und ein Theil derſelben in dem kleinen, ein anderer dagegen in den Großhirnſchenkeln verläuft. Wir werden in der Folge ſehen, daß ſich der gleiche Schluß unter der obigen Vorausſetzung in Betreff der Körpernerven machen läßt.

Die Kreuzungsverhältniſſe laſſen ſich natürlich nicht auf ſichere Weiſe an dem Herzen und den Gedärmen nachweiſen. Eher ſchon eignen ſich hierzu die Geſchlechtstheile, obgleich auch ſie keine definitiven Reſultate gewähren. Junge Thiere oder ſelbſt ältere außerhalb der Brunſtzeit liefern hier faſt immer negative Ergebniſſe. Poſitive ſind nur bei ſolchen, die ſich in der Brunſt befinden oder ihr nahe ſtehen, zu erzielen. Budge ſah nach Reizung der linken Kleinhirnhemiſphäre und des linken Wurmtheiles Bewegungen des rechten Vas deferens, und umgekehrt. Dieſelbe gekreuzte Wirkung bemerkten er ſowohl als ich bei den Tuben. Dagegen kam es mir bei einem Kaninchen vor, daß die Reizung der linken Hemiſphäre des kleinen Gehirns bei mehrfachen Wiederholungen Periſtaltik des linken Vas deferens und ſolche der rechten die des rechten Samenganges veranlaßte.

Die Einflüſſe der Centraltheile des Nervenſyſtemes auf die Eingeweide der Bruſt- und der Bauchhöhle geben ſich ſowohl der gewöhnlichen, als der ärztlichen Erfahrung auf jedem Schritte zu erkennen. Hierher gehören die Wirkungen der Gemüthseffecte auf das Herz, die Empfindungen von Brennen im Magen, von abnormen Appetitarten, von Aufblähung der Gedärme bei Hyſteriſchen, das Erbrechen nach Kopfverletzungen, die vermehrte Periſtaltik und der Durchfall und Tenesmus nach Schreck, Aerger, Kummer u. dgl., die heftigen Schmerzen und Zuſammenziehungen der dünnen Gedärme bei Bleikoliken, der Abgang von Urin ſchwachnerviger Frauen, die von den Gefühlen des Mitleids heftig angeregt werden, die krampfhafte Steifung des Gliedes und der unwillkürliche Samenverluſt bei Rückenmarksleiden u. dgl. mehr. Die Phyſiologie muß ſich bemühen, die örtlichen Urſachen dieſer allgemeinen Erſcheinungen nachzuweiſen. Sie darf aber nicht die Exiſtenz der Letzteren angenommenen Theorien zu Liebe in Abrede ſtellen.

Synergien im centralen Nervenſyſteme. — Während das 1508
Aequivalent des Reizes, welches eine peripheriſche Primitivfaſer durchſtrömt, auf keine zweite überſpringt, können Mittheilungen der Art, wie ſchon früher bemerkt wurde, in dem centralen Nervenſyſteme Statt finden. Verurſacht z. B. Kitzeln der Fußſohle Lachen, ſo vermag dieſes auf keinem anderen Wege zu Stande zu kommen, als daß die centripetal in dem Ischiadicus geleitete Anregung die Elemente des Facialis und der Athemnerven innerhalb des Rückenmarkes und Gehirns zur Thätigkeit veranlaßt. Die nackten Thatſachen, welche dieſen Erſcheinungen der Reflexbewegungen zum Grunde liegen, waren Redi, Whytt, Haller und anderen älteren Forſchern nicht entgangen. Manche, wie Prochaska und zum Theil Legallois, Fodéra, Mayo und Burdach entwickelten ſchon klar, daß die Beihilfe des centralen Nervenſyſtemes zu dieſen Uebertragungen nothwendig ſei. Allein erſt in neuerer Zeit erläuterten Marſhall Hall und Joh. Müller die Verhältniſſe vollſtändiger und begründeten ſie durch Verſuche, ſo daß ihre Erörterung eine bleibende Stelle in der Nervenphyſiologie einnahm.

Die Uebertragung centripetaler Nervenſtrömungen, ſei es ſenſueller oder ſenſibler, auf motoriſche bedingt die Reflexbewegungen, und umgekehrt die centrifugaler auf centripetale die Reflexempfindungen. Außerdem können auch noch die Urſachen und Wirkungen in dieſer Hinſicht gleichartig

ſein. Wir erhalten auf dieſe Art die Mitbewegungen und die Mitempfindungen.

1509 Reflerbewegungen. — Ein einfacher Grundverſuch, welcher an jedem beliebigen Wirbelthiere unter geeigneten Verhältniſſen gelingt, ſich aber am bequemſten an den in ihren Reizbarkeitserſcheinungen ſo zähen Amphibien anſtellen läßt, beweiſt zunächſt deutlich, daß keine Reflerbewegung der Muskulatur des Kopfes, des Rumpfes oder der Extremitäten ohne die Vermittlung des centralen Nervenſyſtemes möglich iſt. Enthauptet man einen Froſch, ſo daß das verlängerte Mark und das Rückenmark am Rumpfe bleiben, und läßt den Rumpf nur einige Zeit ruhig liegen, ſo ruft jeder ſenſible Reiz, z. B. die Berührung der Zehen, der Bauchhaut, des Dünndarmes u. dgl., mehr oder minder lebhafte Bewegungen der Extremitäten hervor. Die Folgen dieſes Verſuches ſind bisweilen ſo ſtark, daß ſich das ganze enthauptete Thier lebhaft krümmt, ſich mit ſeinen Extremitäten zu wehren ſcheint oder ſelbſt weit fortſpringt. Zerſtört man dagegen das Rückenmark vollſtändig, ſo hören dieſe Erſcheinungen gänzlich auf. Man kann dann die äußere Haut oder innere Organe, an welcher Stelle man wolle, leiſe kitzeln oder heftig drücken, mit ſchwachen oder ſtarken Säuren angreifen, anſchneiden oder verbrennen. Nie tritt die geringſte Spur einer Reflerbewegung hervor. Hieraus folgt aber, daß ſie weder durch die peripheriſchen Nerven noch deren Ganglien vermittelt werden kann. Dieſem entſprechend rufen auch nie Hautreize, welche eine abgeſchnittene Extremität afficiren, Zuckungen derſelben hervor.

Die gleichen Erſcheinungen kehren an dem iſolirten Kopfe wieder. Drückt man das Augenlid oder reibt die Bindehaut mit einem feinen Pinſel, ſo ſchließen ſich die Augendeckel. Alle Wirkung bleibt dagegen nach der Zermalmung des Gehirns aus.

Der abgehauene Schwanz einer Eidechſe krümmt ſich, ſo wie ſeine Haut mit einer Stecknadel berührt wird, reagirt aber auf dieſen Reiz nicht mehr, nachdem das in ihm enthaltene Stück des centralen Nervenſyſtemes zerſtört worden.

Reflerbewegungen der Augenlider und der Extremitäten laſſen ſich auch nicht ſelten bei Säugethieren hervorrufen. Nur muß man den Verſuch unmittelbar nach dem Tode anſtellen, weil die Empfänglichkeit für dieſe Anregungen in der Regel binnen wenigen Minuten verloren geht. Sie erhält ſich im Warmen und bei jungen Thieren etwas längere Zeit.

Wer ſich mit Verſuchen an friſch getödteten Säugethieren beſchäftigt, hat ſehr häufig Gelegenheit, Reflerbewegungserſcheinungen an den verſchiedenſten Körperſtellen zu beobachten. So z. B. ſchließen ſich die Augenlider nach der Reizung derſelben oder nach der der Bindehaut; die Geſichtsmuskeln und vorzüglich die Lippen bewegen ſich nach Berührung ihrer äußeren Haut oder nach dem Anſpannen ihrer Bart- oder Taſthaare. Die Zunge erzittert, wenn man über ihre Schleimhaut hinfährt. Kitzelt man die Innenhaut des weichen Gaumens oder des Pharynx mit einem Federbarte, ſo entſtehen Schluckbewegungen. Reibt man die Schleimhaut des Kehlkopfes, ſo zucken einzelne Muskeln deſſelben. Leitet man die künſtliche Athmung ein, ſo belebt ſich der Herzſchlag. Führt man ein Stilett in den After und reibt die Ränder der Mündung deſſelben, ſo verengert oder ſchließt ſich die letztere. Reizt man den Penis brünſtiger Männchen, ſo entſtehen bisweilen periſtaltiſche Bewegungen der Samenblaſen (z. B. des Igels) und

des Vas deferens. Friction der Scheidenſchleimhaut hat ſehr häufig periſtaltiſche Bewegungen der Tuben zur Folge. Kneipen der Bauchhaut ruft Zuckungen der Bauchmuskeln, Reizung des Dünndarmes oder der Extremitätenhaut Bewegungen der Füße hervor. Natürlicher Weiſe laſſen ſich wiederum dieſe Beobachtungen nur vereinzelt anſtellen, weil die Stimmung der Reizbarkeit die Reſultate bedingt und das ſchnelle Verſchwinden derſelben die Verſuche binnen Kurzem hindert. Manche eben getödtete Säugethiere geben gar keinen, andere nur einen Einzelbeleg für die eben erwähnten Verhältniſſe.

Dieſe und andere Reflexbewegungen ſpielen auch bei den geſunden und krankhaften Zuſtänden des Menſchen eine ſehr weſentliche Rolle. Wird unſere Bindehaut mit dem Finger oder durch ein in das Auge geflogenes Stäubchen mechaniſch gereizt, ſo ſchließen ſich die Augenlider, während ſich zugleich der Thränenfluß vermehrt. Körper, welche die Kehlkopfſchleimhaut mechaniſch oder chemiſch angreifen, verſtärken die Athmung und veranlaſſen häufig noch Schluckbewegungen. Die letzteren entſtehen ſogleich durch das Kitzeln der Rachenſchleimhaut mit dem Finger, einem Federbarte, der Schlundſonde u. dgl. und ſchlagen oft auf der Stelle dergeſtalt um, daß Erbrechen oder wenigſtens die Neigung dazu erſcheint. Jenes ſo wie die verſtärkte Periſtaltik der Gedärme kann auch unzweifelhaft auf reflectoriſchem Wege zu Stande kommen. Nur iſt hier die Beurtheilung deshalb ſchwierig, weil die meiſten Irritamente, welche die Schleimhaut treffen, auch leicht die benachbarte Muskelhaut unmittelbar afficiren.

Die Ausführung der Secrete erfolgt häufig durch Vermittelung von Reflexerſcheinungen. Werden z. B. die ſenſiblen Nerven der Naſenſchleimhaut mechaniſch gereizt, ſo entſteht ein Reflex auf die Athemmuskeln und in Folge deſſelben Nieſen. Der raſch durch die Naſe hindurchtretende Luftſtrom reißt einen Theil des angeſammelten Naſenſchleimes mit ſich fort und treibt ihn zu den Naſenlöchern hervor. Das Gleiche gilt von dem Austritt des Schleimes oder anderer Producte der Reſpirationswerkzeuge bei dem Huſten. In etwas abweichender Geſtalt treten die Phänomene bei der Entleerung des Harnes und des Stuhles auf. Wir haben früher geſehen, daß der Ausgang der Harnblaſe in die Harnröhre im ruhenden Zuſtande und zwar wahrſcheinlich durch den Constrictor isthmi urethrae geſchloſſen iſt. Hat ſich nun eine Quantität Urin in der Blaſe angeſammelt, ſo wirkt ſie zunächſt für die Schleimhaut derſelben als unmittelbarer und für die Muskelhaut höchſtens nur als mittelbarer Reiz. Entſtehen hierdurch Vorbereitungen zur Harnentleerung, ſo muß zunächſt der Blaſenſchluß aufgehoben und mithin der Conſtrictor erſchlafft werden, während ſich die einfachen Muskelfaſern der Harnblaſe und in Einzelfällen vermuthlich auch die quergeſtreiften des Depressor vesicae contrahiren. Der After iſt unter den gewöhnlichen Verhältniſſen ſo verſchloſſen daß er den Austritt der Excremente verhindert, jedoch dem Eindringen des Fingers durch ſeine Mündung keinen ſiegreichen Widerſtand zu leiſten im Stande iſt. Halten wir uns den Stuhlgang auf, ſo können wir dieſen Verſchluß noch willkürlich bis zu einem gewiſſen Grade ſteigern. Da aber die Ausgangsöffnung im Momente der Stuhlausleerung frei ſein muß, ſo erſchlafft dann der Sphincter ani externus, während ſich die einfachen Muskelfaſern des Maſtdarmes zuſammenziehen. Es coincidiren mithin bei dieſen Erſcheinungen, an denen, wie wir in der Folge ſehen werden, die Reflexthätigkeiten jedenfalls einen Antheil haben, Erſchlaffungen der einen und Zuſammenziehungen der anderen Muskeln. Wahrſcheinlich iſt jedoch die erſtere Thätigkeit, welche durch quergeſtreifte Muskelfaſern vollführt wird, willkürlich, die letztere dagegen reflectoriſch.

Die Geſchlechtstheile zeigen zum Theil einfachere Verhältniſſe. Die Reibung des Penis veranlaßt Bewegungen der Vasa deferentia und der Samenblaſen, ſo daß der Same ejaculirt wird; die der Scheidenſchleimhaut wahrſcheinlich auch bei der Frau Bewegungen der Tuben. Wie wir bei künſtlichen Frühgeburten ſehen, veranlaßt die anhaltende mechaniſche Reizung der Wandungen des Gebärmuttermundes, z. B. die Einführung eines Preßſchwammes in den letzteren, Zuſammenziehungen der Gebärmutter, ſo daß zuletzt die Ausſtoßung des Eies und der Frucht erfolgt.

Trifft ein Nadelſtich plötzlich unſere Haut, ſo ziehen wir unwillkürlich die entſprechenden Theile zurück oder zucken am ganzen Körper. Manche Hautſtellen, wie die Achſelhöhle, die Handfläche, die Fußſohle erregen bei vielen Menſchen, wenn ſie gekitzelt werden, Lachen und allgemeine Körperbewegungen. Gelähmte, welche z. B. ihren Arm oder ihren Fuß nicht bewegen können, werden von allgemeineren Muskelzuckungen dieſer Glieder heimgeſucht, ſobald man ihre Hand- oder Fußfläche leiſe reibt.

Jeder Muskel unſeres Körpers hat wahrſcheinlich die Fähigkeit, auf reflectoriſchem Wege in Thätigkeit verſetzt zu werden. Nur hindern uns theils die verſteckte Lage von vielen Gebilden der Art, theils aber auch andere Momente, dieſe Erſcheinungen definitiv nachzuweiſen. Die Sinneswerkzeuge gebrauchen ihre reflectoriſchen Thätigkeiten als die Grundhebel ihrer verſchiedenen Regulations- und Accommodationswirkungen. Ein ſtarkes Licht verurſacht auf dieſe Art Verkleinerung der Pupille und den unwillkürlichen Schluß der Augenlider. Ein zu ſtarker Schall ſetzt wahrſcheinlich den Musculus mallei internus und vielleicht auch den Stapedius in Thätigkeit. Wenn aber das Sehen in die Nähe oder die Ferne eine entſprechende Zuſammenziehung der Augenmuskeln, die Wahrnehmung eines angenehmen Geruchs erhöhte Inſpirationen und die einer gewünſchten Speiſe Zuſammenlaufen des Speichels im Munde veranlaßt, ſo bleibt es unentſchieden, welchen Antheil an dieſen Erſcheinungen die momentanen Geiſtesthätigkeiten und welchen die bloßen Reflerwirkungen haben. Ein ähnliches gemiſchtes Verhältniß kehrt in vielen Fällen von Aufregung des Herzens, der Athemmuskeln u. dgl. wieder.

Eine ausführliche, mit zahlreichen phyſiologiſchen und pathologiſchen Studien verbundene Darſtellung der Reflererſcheinungen findet ſich in: Marshall Hall On the Diseases and Derangements of the Nervous System. London, 1841. 8. und deſſen deutsche, mit einigen kritischen Bemerkungen versehene, Uebersetzung von J. Wallach. Leipzig, 1842. 8.

1510 Die klare Darſtellung der Geſetze der Reflerbewegung fordert zunächſt, daß wir vorläufig nur die mit quergeſtreiften Faſern verſehenen und meiſt willkürlichen Muskeln und höchſtens noch diejenigen Gebilde, welche einfache Muskelfaſern beſitzen, ins Auge faſſen, das Studium der Erſcheinungen der anderen contractilen Elemente dagegen im Anfange, wie wir dieſes auch bei dem peripheriſchen Nervenſyſteme gethan, außer Augen laſſen, um es erſt zuletzt geſondert vorzunehmen.

1511 Die Reflerbewegungen des Rumpfes und der Extremitäten treten in der Regel nicht unmittelbar nach der Enthauptung, ſondern erſt einige Zeit darauf mit ihrer größten Lebhaftigkeit hervor. Ein Säugethier oder ein Vogel, der raſch decapitirt wird, macht meiſt im Ganzen keine ſehr lange andauernden Körperbewegungen. Sie ſchlagen bisweilen ſtark mit ihren Extremitäten, die Vögel vorzüglich mit ihren Flügeln, Kaninchen rollen mehrere Male herum. Allein trotzdem kommt es zu keinen anhaltenden regulären Gangbewegungen. Der Rumpf fällt bald hin und beruhigt ſich binnen Kurzem. Die Extremitäten des Menſchen contrahiren ſich ebenfalls nur wenig oder bloß einige Augenblicke, ſobald die Enthauptung raſch vor ſich gegangen. Einzelne Muskeln dagegen, vorzüglich an der Durchſchnittsſtelle des Halſes, können bei kräftigen Männern noch eine halbe Stunde nach dem Todesſtreiche ſtark zucken. Bedeutendere Folgen treten, wie man dieſes auch bisweilen an Säugethieren wahrnimmt, am Kopfe hervor. Die Augen rollen nicht ſelten, die Zunge erzittert und und die Kiefer klappen auf und nieder. Der Rumpf der Säugethiere bleibt in der Regel, wenn man ihn nicht ſtört, bis zum Verſchwinden aller Reizbarkeit ruhig liegen. Nur ſelten wird ein zu ſtark geſtrecktes Hinterbein von ſelbſt angezogen. Die durch Hautreize entſtehenden Reflerbewegungen kommen oft erſt einige Augenblicke nach der Enthauptung zum Vorſchein.

1512 Bleibt aber hier häufig der ſichere Nachweis des letzteren Verhältniſſes wegen der raſch dahinſchwindenden Reizbarkeit zweifelhaft, ſo läßt er ſich viel leichter und beſtimmter an Fröſchen geben. Schneidet man den

Kopf mit einem ſchnellen Zuge ab, ſo entſtehen immer, ſobald nur das Thier irgend reizbar iſt, mehr oder minder ſtarke Zuckungen im Rumpfe oder den Extremitäten. Die Hinterfüße werden meiſtens momentan geſtreckt und verharren wohl auch in tetaniſchem Krampfe oder zeigen überdies ein heftiges Erzittern der Muskelbündel, vorzüglich am Oberſchenkel. Manche Fröſche ſpringen noch nach der Enthauptung eine Strecke weit fort, andere rollen ſich zugleich auf eigenthümliche Weiſe und machen ſehr ſonderbare disharmoniſche Bewegungen. Jene Erſcheinungen finden ſich am häufigſten, wenn die Schnittwunde weit nach vorn liegt, ſo daß noch ein Theil des verlängerten Markes am Rumpfe bleibt. Hat ſich dieſer erſte Sturm beruhigt, ſo iſt oft die Reizbarkeit des ganzen Rückenmarkes durch den heftigen Eingriff, welcher daſſelbe getroffen, dergeſtalt erſchöpft, daß keine ſenſiblen Eingriffe Reflexbewegungen der Extremitäten hervorrufen. Gönnt man nun dem Rumpfe keine Ruhe und fährt mit Verſuchen, ſenſible Irritamente anzubringen, fort, ſo verliert ſich nicht ſelten die Reizbarkeit dergeſtalt, daß ſelbſt ſpäter entweder gar keine oder nur ſchwache Reflexbewegungen zu Stande kommen.

Wartet man die gehörige Zeit ab, ſo zeigt ſich häufig eine andere Eigenthümlichkeit. Liegt nämlich der Rumpf ſo auf dem Tiſche, daß die Hinterbeine flectirt und an den Unterleib angezogen ſind, ſo verbleibt er in dieſer Stellung, ſo lange keine ſtörenden Irritamente einwirken. Waren dagegen die Hinterfüße geſtreckt, ſo verharren ſie eine Zeit lang in dieſem Zuſtande, werden aber meiſtentheils, jedoch nicht immer, ohne merkliche äußere Veranlaſſung in die oben erwähnte Stellung plötzlich gebracht [1]). Bedeckt man nun den Rumpf mit einer Glasglocke und bewahrt ihn vor Erſchütterungen oder anderen Einwirkungen, ſo ändert er ſeine Lage nicht mehr, bis alle Reizbarkeit verſchwunden iſt [2]). Hat man aber dem Rückenmarke ſeine gehörige Erholungszeit gelaſſen, ſo zeigt es dann eine ſo große Empfänglichkeit, daß die Reflexbewegungen eben ſo pünktlich, als energiſch erfolgen und verhältnißmäßig ſehr lange anhalten. Zuerſt zieht das Thier ſein Hinterbein, das man ſtrecken will, an. Später dagegen werden bald die Reactionen allgemeiner. Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß eine Menge von Individualitätszuſtänden, zu welchen uns ſogar noch der Schlüſſel größtentheils mangelt, auf dieſe Phänomene von Einfluß ſind. Denn ein Froſch reagirt nicht nur kräftiger als der andere, ſondern auch die nothwendige Ruhezeit kann in ſehr bedeutendem Maaße variiren und oft 1/4 bis 1/2 Stunde betragen.

Die Reflexbewegungen der Fröſche erhalten ſich, wie es ſcheint, ver- 1513
hältnißmäßig am längſten, wenn man ſie nur mäßig und vorzüglich in nicht zu kurzen Intervallen hinter einander anregt. Geſchieht das Letztere, ſo hören ſie zwar ſpäter auf, kehren aber, wenn man dem Rumpfe einige Zeit der Ruhe gegönnt hat, von Neuem, jedoch ſchwächer wieder. Man ſieht,

[1]) Volkmann in Müller's Archiv. 1838. S. 17. 18. Budge Untersuchungen über das Nervensystem Heft II. S. 199.

[2]) Kürschner in seiner Uebersetzung von Marshall Hall's Abhandlungen über das Nervensystem. Marburg, 1840. 8. S. 130.

daß hier ein ähnliches Geſetz, wie bei der Reizbarkeit der peripheriſchen Nerven zum Grunde liegt.

1514 Die Extremitäten können eben ſo gut durch Reize, welche ihre eigene Haut treffen, als durch ſolche, welche gegen andere Theile gerichtet werden, zu Reflerbewegungen veranlaßt werden. Faßt man die Bauchhaut, ein Darmſtück, eine Stelle des Gekröſes, der Harnblaſe, des Eierſtockes, das Meſovarium enthaupteter Fröſche mit der Pincette, ſo erſcheinen ſie unter günſtigen Verhältniſſen mit ſehr großer Lebhaftigkeit. Aehnliche Erfahrungen machte ich auch an Kaninchen, welche unmittelbar vorher durch Erſtickung getödtet worden. Ich erhielt in Einzelfällen Zuckungen eines oder beider Hinterbeine, wenn ich die Därme, das Gekröſe, die Harnblaſe u. dgl. drückte oder auch nur mit dem Scalpellſtiele rieb. Der Dünndarm, der ſeine Nerven vom Sympathicus bezieht, verhält ſich alſo in dieſer Hinſicht im Allgemeinen wie ein Theil, der ſeine Nerven unmittelbar aus dem Rückenmarke empfängt.

Pikford bemerkte, vorzüglich bei ſeinen an Fröſchen mit Strychnin angeſtellten Verſuchen, daß die Berührung der Baucheingeweide nur dann, wenn noch die Medulla oblongata am Rumpfe vorhanden iſt, Reflerbewegungen der Extremitäten veranlaßt. So viel ich bis jetzt ſah, hat, wie es ſcheint, das allgemeine Factum ſeine Richtigkeit. Ich enthauptete z. B. einen Froſch zwiſchen dem Hinterhaupte und dem erſten Wirbel und ließ ihn etwas länger als ¼ Stunde ruhen, bis die nach dem Anſpruche der Bauchhaut entſtehenden Reflerbewegungen eine große Lebhaftigkeit erreicht hatten. Nun wurde der Unterleib geöffnet. Jeder Druck, welcher die dünnen Gedärme oder das Gekröſe traf, verurſachte heftige Zuckungen der Hinterbeine. Ich entfernte alsdann die beiden erſten Wirbel mit dem in ihnen enthaltenen centralen Nervenſyſteme und gönnte dem Thiere von Neuem die nöthige Ruhe. Die Reizung des Magens, der Leber, des Dünndarms, der mit Samen ſtark gefüllten Hoden und der oberen und mittleren Theile der Bauchdecken blieb erfolglos. Dagegen entſtanden ſogleich Reflerbewegungen der Hinterbeine, ſo wie ich die Blaſe oder den Maſtdarm mit der Pincette zuſammendrückte. Daß die vorderen Extremitäten nicht mehr reflectoriſch reagirten, ergiebt ſich der Natur der Verletzung gemäß von ſelbſt.

Die allgemeinen Reſultate blieben bei Wiederholung des Experimentes die gleichen. Nur ereignete es ſich ein Mal bei einem Froſche, der an dem oberen Rande des dritten Wirbels enthauptet worden war, daß nicht bloß Blaſe und Maſtdarm, ſondern auch der unterſte Theil des Dünndarmes Reflerbewegungen veranlaßten. Sie konnten aber auch in dieſem Falle durch Reizung der Bauchdecken hervorgerufen werden. Uebrigens muß man hier mit Schlüſſen ſehr vorſichtig ſein. Der Darm mancher Fröſche, die ſelbſt an dem erſten Halswirbel enthauptet worden, zeigt ſich ſehr träge, während er bei anderen das erſte Mal gehörig antwortet und die folgenden Male keine Wirkung veranlaßt. Wie man aber leicht ſieht, bilden dieſe von Pikford angegebenen Verhältniſſe ein Corollarium des Fortſchrittgeſetzes des Sympathicus.

1515 Nicht bloß der Kitzel empfindlicher Hauttheile, ſondern auch der Anſpruch ſenſibler Nerven kann Reflerbewegungen veranlaſſen. Wir erhalten ſie z. B. bisweilen bei dem Froſche, wenn wir den Ischiadicus mit der Pincette drücken oder die Bauchmuskeln durchſchneiden. Bleibt ein auf das Gerathewohl ausgeführtes Zuſammenpreſſen des Gekröſes unbeantwortet, ſo erſcheinen manches Mal poſitive Reſultate, ſobald wir nur einen Inteſtinalnerven aufſuchen und ihn mit der Pincette faſſen. Häufig ſcheint er noch eher als z. B. der Hüftnerv, der überhaupt in den meiſten Fällen ungünſtiger als die äußere Haut wirkt, Reflerbewegungen der Extremitäten anzuregen.

Während aber ein leichter Kitzel der Haut ſtarke Reactionen veranlaßt, bedarf es immer bei den Nerven eines heftigen und ſelbſt anhaltenden Druckes. Denn häufig kann man ſogar einen Nervenſtamm während des Stadiums der größten Empfänglichkeit zerſchneiden, ohne daß allgemeinere Wirkungen auftreten. Das Gleiche gilt von den Muskeln, die ſich in dieſer Beziehung noch viel träger verhalten.

Aehnliche Erfahrungen laſſen ſich an Säugethieren machen. Nicht 1516 ſelten zucken noch friſch getödtete Kaninchen mit den Hinterbeinen, ſo wie man ihre Bauchhaut mit der Scheere durchſchneidet oder ihre Inteſtinalnerven mit der Pincette drückt. Legt man den Halstheil des Vagus bei einem lebenden Pferde oder Hunde bloß, ſo verurſacht in der Regel jede Reizung deſſelben tiefere Athemzüge, in manchen Ausnahmsfällen dagegen ſogar Huſten [1]). Zerrung des N. splanchnicus in der Bauchhöhle von Kaninchen dicht nach innen von der Nebenniere ruft bisweilen Zuckungen der Bauchmuskeln hervor [2]). Das Gleiche zeigt ſich manches Mal nach Reizung des Lendentheiles des Sympathicus.

Faſt jeder Hautreiz veranlaßt während der größten Höhe der Em- 1517 pfänglichkeit motoriſche Reactionen des enthaupteten Froſches. Faßt man ſeine Bauchhaut, ſo wehrt ſich ſcheinbar der Rumpf auf das Heftigſte, ſo daß er ſeine Zehen nach der Reizungsſtelle hinſtößt oder ſogar im Ganzen fortzuſpringen ſucht. Das Gleiche erfolgt bisweilen auch nach dem Kneipen der Zehenhaut, jedoch im Allgemeinen nicht ſo ſicher und nicht mit jener ſo großen Heftigkeit wie nach dem Anſpruche der Bauchdecken. Reizung des Ober- oder Unterſchenkels hat meiſt noch geringere Wirkungen zur Folge. Sinkt die Excitabilität, ſo ſcheint durchſchnittlich der Anſpruch des Dünndarmes zuerſt erfolglos auszufallen. Man erzielt bisweilen dann noch poſitive Wirkungen, wenn man den Magen ohne Verletzung ſeiner Nervenſtämme öffnet und ſeine Schleimhaut kitzelt oder einen Inteſtinalnervenzweig drückt. Bleibt auch dieſes fruchtlos, ſo entſtehen meiſt noch Reflerbewegungen durch Reizung der Haut des Bauches, des Rückens, der Zehen u. dgl. Die Bauchmuskeln ſtehen in dieſer Beziehung der Bauchhaut bedeutend nach. Sind aber die Reflererſcheinungen auf keinem Wege mehr hervorzurufen, ſo iſt noch eine directe Reizung des Rückenmarkes im Stande, Krämpfe nach ſich zu ziehen, und verſagt auch dieſer Verſuch endlich, ſo bedingt noch die Compreſſion des Ischiadicus in der Mitte des Oberſchenkels Zuckungen der Fußmuskeln. Wir ſehen hieraus, daß im Allgemeinen die Reflerübertragungen nach dem Tode zuerſt verſchwinden und die unmittelbare Reizbarkeit den ſchon früher (§. 648) angeführten centrifugalen Weg auch in dem centralen Nervenſyſteme zu verfolgen ſcheint.

Die Reflerbewegungen zerfallen, wie man faſt bei jedem Verſuche 1518 ſehen kann, in zwei in einander übergehende Hauptclaſſen, in örtliche und allgemeinere. Reizt man z. B. die Bindehaut oder die Augenlider des friſch getödteten Thieres oder des abgeſchnittenen Kopfes, ſo ſchließen ſich in der Regel nur die Augendeckel, während andere Muskeln ruhig bleiben

[1]) Romberg in Müller's Archiv. 1838. S. 311. Budge Untersuchungen über das Nervensystem. Heft II. S. 75.

[2]) Joh. Müller's Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S 724.

oder bloß in geringe Thätigkeit gerathen. Will man dagegen an dem enthaupteten Körper des Froſches den Unterleib öffnen, ſo arbeiten die Muskeln des Rumpfes und aller vier Extremitäten, mithin kontractile Gebilde, deren Nerven ſowohl tiefer als höher, wie die der gereizten Stelle, ins Rückenmark eintreten. Der letztere Fall erklärt ſich leicht aus dem Emporſteigen der Primitivfaſern nach dem Gehirn und der allſeitigen Anlagerung und Scheidenverbindung der Nervenkörper. Was hingegen die örtlichen Wirkungen betrifft, ſo gerathen in der Regel nur ſolche Muskeln, welche dem gereizten ſenſiblen Theile nahe liegen oder mit ihm functionell in Verbindung ſtehen, in Convulſionen. Daher die Thätigkeit der Orbicularis palpebrarum nach Reizung der Bindehaut, die der Lippen nach dem Anziehen der Taſthaare, die der Zehen nach einem auf die Haut derſelben ausgeübten Drucke. Dieſe Erſcheinungen laſſen mit Recht ſchließen, daß die ſenſiblen und motoriſchen Primitivfaſern der genannten Gebilde nahe bei einander in dem centralen Nervenſyſteme verlaufen oder wenigſtens einer gegenſeitigen Einwirkung leichter ausgeſetzt ſind. Wenn alſo z. B. die ſenſiblen Faſern des erſten und zweiten Aſtes des Trigeminus durch ihre Thätigkeit die motoriſchen Reactionen der Elemente des Facialis, welche in den Orbicularis palpebrarum treten, und keiner anderen bewegenden Nerven, ſelbſt nicht der kleineren Portion des Trigeminus anregen, ſo können wir hieraus ſchließen, daß ſich die functionelle Verbindung einzelner benachbarter Körpertheile, welche von verſchiedenen peripheriſchen Nerven verſorgt werden, im centralen Nervenſyſteme gleichſam im Abdrucke reell oder facultativ wiederholt.

1519 Die allgemeinen Reflexbewegungen kommen nur bei einem ſehr hohen Grade von Reizempfänglichkeit zu Stande. Man ſieht ſie daher auch faſt nie in dem Maaße bei Säugethieren oder Vögeln, wie bei Fröſchen. Sie nehmen bei dieſen ebenfalls mit dem Verſchwinden der Reizbarkeit immer mehr ab und gehen zuletzt in bloß örtliche über. Hat ſich z. B. im Anfange ein Froſchrumpf, wenn man die Zehen ſeiner Hinterfüße kneipte, mit allen vier Extremitäten gewehrt, ſo beſchränkt ſich ſpäter der Erfolg der gleichen Reizung auf die Hinterbeine allein, und dann ſelbſt nur auf die unmittelbar angegriffene Extremität, während zuletzt bloß die Fußſohlenmuskeln derſelben ſo ſchwach erzittern, daß man dieſe ihre Wirkung erſt nach der Entfernung der ſie bedeckenden Haut vollkommen deutlich wahrnimmt. Iſt umgekehrt der Rumpf durch die Enthauptung erſchöpft und läßt man ihn ſich erholen, ſo erhält man zuerſt örtlichere und dann immer allgemeiner werdende Reflexwirkungen. Das gleiche Irritament reicht daher oft nur zu einem Minimum der verſchiedenartigen Anregung hin, weil der zweite Factor, nämlich die Empfänglichkeit im centralen Nervenſyſteme, in hohem Grade geſunken iſt.

1520 So ſicher aber auch dieſe Seite der Erſcheinung ermittelt werden kann, ſo wenig genau laſſen ſich diejenigen Momente beſtimmen, welche allgemeine oder bloß örtliche Reflexbewegungen hervorrufen. Zuvörderſt ſcheint die Reizung der äußeren Haut ausgedehntere Effecte als die anderen Theile zu bedingen. Wehrt ſich z. B. der Froſchrumpf gegen das Kneipen der

Zehen mit allen vier Extremitäten, ſo bleibt aller Effect aus oder wird ſehr gering, wenn wir die Extremität enthäuten und nun den gleichen Anſpruch veranlaſſen. Die Durchſchneidung der Bauch- oder Rückenhaut erregt faſt immer nicht bloß bei Fröſchen, ſondern ſelbſt bei friſch getödteten Säugethieren bedeutendere Reflexerſcheinungen als die der Bauch- oder Rückenmuskeln. Die Entblößung einer Muskulatur von ihrem Hautüberzuge dagegen ſcheint nicht nothwendig die Fähigkeit ihrer reflectoriſchen Zuſammenziehung zu beeinträchtigen.

Schwieriger iſt es in dieſer Beziehung, den Grad und die Art der 1521
Reizung, welche am günſtigſten wirkt, zu beſtimmen. Iſt die Empfänglichkeit des Froſchrumpfes ſehr groß, ſo ſcheint ein leichter Hautkitzel oder ein heftiger Druck vortheilhafter als ein mittlerer Grad mechaniſchen Anſpruches zu wirken. Später gewinnt eine bedeutende Preſſion die Oberhand. Das letztere gilt dann auch von den Muskeln. Ein leiſes Beſtreichen des bloßgelegten Gastrocnemius z. B. bleibt oft ohne Erfolg, während nicht ſelten ein ſtarker Druck, der auf ſeine Muskelbündel mit der Pincette ausgeübt wird, allgemeinere Reflerbewegungen zu Stande bringt. Schwankender geſtalten ſich die Verhältniſſe der Nerven. Spricht man den Dünndarm vergeblich an, ſo hilft oft noch das Zuſammendrücken eines Inteſtinalnerven. Umgekehrt dagegen kann man den Ischiadicus eines Froſches, der den auf ſeine Zehen ausgeübten Druck mit allgemeinen Reflerbewegungen beantwortet, ohne alles Reſultat der Art kneipen oder durchſchneiden. Wie ſich in dieſer Hinſicht chemiſche und andere Reize verhalten, iſt bis jetzt noch nicht genauer unterſucht. Nur bleibt auch hier die Reaction z. B. bei dem Betupfen der Muskeln mit Eſſigſäure leichter aus als bei dem der Haut.

Die Extremitäten enthaupteter Fröſche zeigen rückſichtlich ihrer Stellung eine Reactionsweiſe, deren tiefere Urſachen noch nicht hinreichend ermittelt worden. Die Oberarme werden in der Regel während oder bald nach der Enthauptung an den Leib angezogen und die Vorderarme gebeugt, ſo daß die Hände und Finger gegen einander gerichtet ſind. Streckt man ſie, ſo leiſten ſie einen ſehr bedeutenden Widerſtand, werden ſogleich in die alte Lage gebracht und verharren in ihr bis zum Verſchwinden der Reizbarkeit. Die ſchon §. 1512 beſchriebene Flerion der Hinterfüße gehört ebenfalls hierher, und auch ſie wird ſehr häufig bei reizbaren Fröſchen ſogleich wieder zu Stande gebracht, ſo wie man eine künſtliche Streckung verſucht. Die Verminderung der Excitabilität oder die Zerſtörung des Rückenmarkes hebt dieſe Folgen, welche ein Vorherrſchen der Beugungs- über die Streckungsrichtung andeuten, gänzlich auf. Die Beine nehmen diejenige Stellung an, welche ihnen ihre Unterlagen, die Reibungs- und Schwereverhältniſſe anweiſen.

Die Behauptung dieſer Flerionen ſetzt, wie es ſcheint, eine geringere Höhe der Empfänglichkeit des centralen Nervenſyſtems, als die Erzeugung der Reflerbewegungen voraus. Nicht ſelten nämlich laſſen ſich die Hinterbeine des Froſches unmittelbar nach der Enthauptung ohne weitere Folgen ſtrecken. Später aber zeigt ſich ein Stadium, in welchem jeder Verſuch der Extenſion durch gewaltſames Anziehen der Hinterextremität an den Unterleib beantwortet wird, ohne daß Hautreize allgemeinere oder ſelbſt örtliche Reflerbewegungen hervorrufen. Dieſe letzteren kommen erſt zuletzt, wenn ſich wiederum die Empfänglichkeit ihrem Culminationspunkte nähert, zu Stande.

Die allgemeineren Reflerbewegungen, welche bei dem Froſche wäh- 1522
rend der größten Excitabilität des Rückenmarkes auftreten, ſcheinen häufig auf den erſten Blick einen ſo hohen Grad von Zweckmäßigkeit zu beſitzen, daß man leicht verleitet werden könnte, ſie der Anordnung eines

noch vorhandenen Einſichts- und Willensprincipes zuzuſchreiben. Kneipt man die Zehen, ſo ſpringt der Rumpf fort. Faßt man die Bauchhaut da, wo ſie das Sternum überzieht, mit der Pincette, ſo werden die Vorderbeine ſo gebeugt und an den Leib angezogen, als ob ſie nach ihr greifen wollten. Erfolgt die Berührung etwas weiter nach hinten, ſo ſtoßen die Hinterbeine zu wiederholten Malen gegen die Pincette an, ſpreizen ihre Schwimmhäute mehr oder minder aus, ſuchen ſich gegen den Eingriff zu wehren und denſelben zu entfernen. Wird die Rückenhaut in gleicher Weiſe angeſprochen, ſo verdrehen und überſchlagen ſich die Hinterextremitäten, als wollten ſie auch hier die gereizte Hautſtelle erreichen und das Hinderniß fortſchaffen, u. dgl. mehr. Eine genauere Beobachtung lehrt jedoch bald, daß alle dieſe Erſcheinungen weder Aeußerungen eines freien Willens, noch irgend einer geiſtigen Berechnung des Rumpfes darſtellen. Es zeigt ſich nämlich, daß den angeführten Phänomenen die Norm zum Grunde liegt, daß die Extremitäten nach derjenigen Richtung, wo die angeſprochene Hautſtelle liegt, hinbewegt werden, ſonſt dagegen jede andere Zweckmäßigkeit mangelt. Kneipe ich daher die Bauchhaut, ſo ſchlagen die Vorderfüße auf die im vorhergehenden Paragraphen erwähnte Weiſe zuſammen, während die längeren Hinterbeine bei ihrer Bewegungsrichtung die Pincette leicht treffen. Liegt die Reizungsſtelle am Rücken, ſo werden die Extremitäten nach dieſem hin gewendet. Die vorderen erreichen daher häufig nicht bei ihrer Kürze die Pincette, und ſelbſt die hinteren verfehlen oft ihr Ziel, weil ſie ſich nach dieſer Richtung hin nicht weit genug nach innen drehen können. Das ſcheinbare Fortſpringen nach einem auf die Zehen der Hinterfüße ausgeübten Drucke iſt eine Folge der Streckung der letzteren. Die gleiche Bewegungsart kehrt auch häufig nach dem Anſpruche der Zehen der Vorderbeine wieder und erſcheint dann hier ſogar meiſtentheils nichts weniger als zweckmäßig. Alle dieſe Beobachtungen beweiſen nur, daß die functionelle Anordnung der Theile des Rückenmarkes eine ſolche präſtabilirte Harmonie darbietet, daß die Bewegung der Extremitäten ſchon von ſelbſt und ohne pſychiſche Berechnung gegen die gereizte Hautſtelle gerichtet iſt. Wir können deshalb eher umgekehrt ſchließen, daß wahrſcheinlich dieſe Einrichtung ſelbſt viele Bewegungen ähnlicher Art, die ſcheinbar von unſerem Willen abhängen, automatiſch macht oder wenigſtens in ihrer Ausführung erleichtert.

1523 Hat aber die Natur eine Quelle eigenthümlicher und von den geiſtigen Regungen unabhängiger Bewegungscombinationen mittelſt dieſer Reflereigenſchaften hergeſtellt, ſo mußte ſie dieſelben, wenn nicht jeden Augenblick eine heftige und ſtörende Exploſion erfolgen ſollte, der Herrſchaft des Willens bis zu einem gewiſſen Grade unterwerfen. Daß dieſes der Fall ſei, lehrt ſchon die tägliche Erfahrung. Sind z. B. unſere Gedanken von anderen Dingen abſorbirt, ſo erregt ein Nadelſtich, welcher einen Punkt unſerer Haut plötzlich trifft, ein ſtärkeres und allgemeineres Aufzucken. Umgekehrt kann der Wille bedingen, daß wir unſere Hand nicht von dem uns verletzenden Meſſer oder Feuer zurückziehen oder uns nicht ein Hautkitzel zum Lachen oder anderen Bewegungen anreizt.

Dieſe Gegenwirkung des Gehirns läßt ſich auch bei Fröſchen deutlich nachweiſen. Kneipt man die Haut ſolcher Thier bei unverſehrtem Körper, ſo wehren ſie ſich zwar mehr oder minder heftig, reagiren aber auch häufig gar nicht, ſobald ſie den Reiz nicht weiter beachten. Eine ſolche Variabilität findet dagegen bei reizbaren Fröſchen nach der Enthauptung nicht Statt. Stürmiſche Reflexbewegungen erfolgen nach jedem Hautangriffe den früher erwähnten Normen gemäß. Sie ſind gewiſſermaßen freigeworden und können, da ihr Herrſcher entfernt wurde, in jedem Falle auftreten. Aehnliche Beobachtungen kommen auch häufig an Säugethieren nach Entfernung der Hemiſphären des großen und kleinen Gehirns vor.

Die Reizung eines peripheriſchen Nerven erzeugt in der Regel augen- 1524
blickliche Zuckungen, welche dann ſogleich mit Erſchlaffung abwechſeln. Folgen dagegen die Irritamente ſehr raſch hinter einander, ſo bleiben die Muskeln, vorzüglich die Strecker des Froſches eine Zeit lang in fortwährender Contraction. Dieſes ſehen wir z. B., wenn wir eine Reihe elektriſcher Schläge ſehr ſchnell hinter einander einleiten. Die Hinterbeine ſtrecken ſich und verharren in ihrer ſteifen Extenſion. Nur einzelne und zwar meiſt oberflächliche Muskeln oder Muskelbündel des Oberſchenkels z. B. gerathen in fortwährende kloniſche Krämpfe. Die gleiche Erſcheinung zeigt ſich, wenn man das Rückenmark eines enthaupteten Froſches mit einem Drahte von vorn nach hinten größtentheils oder gänzlich zermalmt. Denn hier folgen die mechaniſchen Reize ebenfalls ſehr raſch hinter einander. Anhaltende Zuckungen treten auch oft bei den Reflexbewegungen hervor. Nur ſind ſie meiſtentheils der Natur der Sache nach keine toniſchen Extenſionskrämpfe, ſondern bedingen anhaltende fixe Stellungen oder wechſelnde Bewegungen, welche einige Zeit beibehalten werden. Kneipt man die Zehen der Hinterfüße mehrere Secunden lang, ſo ſucht der Rumpf durch Streckung der Hinterbeine zu entfliehen, wiederholt dann die Flexion und Extenſion derſelben mehrere Male hinter einander und macht auch andere Körperbewegungen, ſo lange der Druck einwirkt. Klemmt die Pincette ein Stückchen der Bauchhaut zuſammen, ſo werden die Hinterbeine gegen ſie hingezogen, verharren in dieſer Stellung und der Ausſpannung der Schwimmhaut eine oder mehrere Secunden, beugen ſich dann, kommen wieder in die alte Lage und ſtoßen hierdurch gegen den Widerſtand, welchen ſie zufällig erreichen. Mit einem Worte, der fortdauernde Reiz, welcher die ſenſiblen Faſern trifft, wirkt wie eine Reihe raſch hinter einander folgender Irritamente und erregt daher eine große Zahl motoriſcher Entladungen, die jedoch größtentheils nicht conſtant bleiben, ſondern nur momentan eine angenommene Stellung behaupten, ſie dagegen von Zeit zu Zeit verlaſſen. Was aber hier als unregelmäßig und ſcheinbare Zufälligkeit erſcheint, tritt z. B. bei den Athembewegungen rhythmiſch hervor.

Die allgemeineren Reflexbewegungen zeigen deutlich, daß die Mit- 1525
theilung im Rückenmarke nach allen Richtungen hin erfolgen kann. Wenn z. B. ein auf die Zehen ausgeübter Druck Bewegungen aller vier Füße veranlaßt, ſo muß natürlich das Aequivalent des Reizes von einer Seiten-

hälfte des centralen Nervenſyſtemes auf die andere überſpringen. Regt ein ſenſibler Reiz der Zehen der Hinterbeine Reflexbewegungen der Vorderfüße an, ſo wird er wenigſtens bis zu der Stelle, an welcher die Nerven der letzteren in das Rückenmark einſtrahlen, nach vorn vorſchreiten. Jedoch wird auch dieſe allgemeinere Fortpflanzung mit der Abnahme der Empfänglichkeit immer mehr beſchränkt. Wir erhalten z. B. in dieſem Falle, wenn wir die Zehen des linken Hinterbeines zuſammendrücken, Bewegungen der beiden Hinterfüße und des linken, nicht aber des rechten Vorderbeines, oder ſolche des linken Hinter- und Vorderfußes, nicht aber der Extremitäten der rechten Seite. Enthauptete Fröſche ſowohl als Eidechſen zeigen in dieſem Falle nicht ſelten, daß die Reizung der oberen Parthieen ihrer durchſchnittenen Bauchdecken nur in den vorderen, die der unteren dagegen bloß in der hinteren Extremität derſelben oder beider Seiten Zuckungen veranlaßt. Es ſcheint daher im Allgemeinen die Größe des Raumes, welcher im Rückenmarke von der Mittheilung afficirt wird, mit dem Grade der Empfänglichkeit in ungefähr gleichem Verhältniſſe zu ſtehen.

1526 Die ſchon §. 1509 angeführten Grunderſcheinungen der Reflexbewegungen und die bisher erläuterten äußeren Eigenſchaften derſelben führen von ſelbſt zu der Theorie, daß der ſenſuelle oder ſenſible Reiz durch die peripheriſchen Nervenfaſern centripetal zum centralen Nervenſyſteme geleitet wird und erſt hier einen größeren oder geringeren Bezirk motoriſcher Faſern, deren Elemente er erreichen kann, in Thätigkeit ſetzt. Hieraus folgt von ſelbſt, daß jede Continuitätsunterbrechung der dabei in Betracht kommenden und thätigen peripheriſchen Primitivfaſern das Auftreten der Reflexbewegungen unmöglich machen muß. Eine Reihe von Verſuchen, die ſich an enthaupteten Fröſchen (oder Säugethieren) leicht anſtellen laſſen, bekräftiget dieſen Satz in ſeinen Einzelverhältniſſen auf eine mit der Theorie vollkommen übereinſtimmende Weiſe:

1) Die Bloßlegung des Rückenmarkes des enthaupteten Froſches ohne Verletzung der Nervenwurzeln ſtört nicht im Geringſten die Reflexbewegungen. Durchſchneidet man aber dann z. B. die hinteren Nervenwurzeln des rechten Hinterbeines, ſo erhalten wir keine Zuckungen in irgend einem Körpertheile mehr, ſobald wir die Hinterzehen der rechten Seite drücken, weil dieſer ſenſible Reiz nicht bis zum Rückenmarke zu gelangen vermag. Wiederholt man aber denſelben Verſuch an den Zehen des linken Hinterfußes, ſo können die Reflexbewegungen auch das rechte Hinterbein in vollkommenſtem Maaße in Anſpruch nehmen.

2) Läßt man die hinteren Wurzeln des letzteren unverſehrt und durchſchneidet dagegen die vorderen Wurzeln deſſelben, ſo ruft ein Druck der rechten Hinterzehen, wenn die Empfänglichkeit groß genug iſt, Bewegungen in den beiden Vorderfüßen und dem linken, nicht aber dem rechten Hinterbeine hervor.

3) Hat man die beiderlei Wurzeln deſſelben vollſtändig getrennt, ſo bleibt es von den Erſcheinungen des Reflexes in ſeinen activen und paſſiven Verhältniſſen ausgeſchloſſen. Der rechte Hinterfuß bedingt, wenn ſeine Haut gereizt wird, keine poſitiven Reſultate und nimmt auch an

den aus anderen Veranlaſſungen entſtehenden Reflexbewegungen des Körpers keinen Antheil.

4) Das gleiche Reſultat ergiebt ſich, wenn wir den Ischiadicus der einen Extremität am Oberſchenkel durchſchneiden. Oeffnet man den Unterleib und trennt die Verbindungsfäden zwiſchen dem Grenzſtrange des Sympathicus und den Körpernerven (vom zweiten bis zum letzten Wirbel) auf beiden Seiten los, ſo erfolgen keine Reflexbewegungen der Extremitäten mehr, wenn man den Dünndarm zuſammendrückt. Endlich

5) zeigt ſich das Gleiche in Betreff der ſenſuellen Nerven an dem N. opticus. Legt man ihn bei einem Kaninchen oder einer Taube bloß und durchſchneidet ihn vor oder hinter dem Chiasma, ſo hat die Reizung ſeines peripheriſchen Stückes keinen Einfluß auf die Regenbogenhaut, während die des centralen Abſchnittes eine Verengerung der Pupille zu bewirken im Stande iſt. Das letztere fällt aber nach der Exenteration des Gehirnes hinweg.

Einzelne Forſcher, vorzüglich *Marſhall Hall*, nennen diejenigen Faſern, welche den Reflexreiz centripetal leiten, *incidirende*, diejenigen hingegen, welche hierdurch motoriſche Anregungen ausüben, *reflectoriſche*. Dieſe Bezeichnungen ſind nicht richtig, wenn man darunter beſondere nur den Reflexzwecken dienende Primitivfaſern verſteht. Denn keine einzige Thatſache, welche eine ſolche Hypotheſe rechtfertigte, liegt bis jetzt vor. Jede ſenſible oder ſenſuelle Faſer kann, ſo viel wir wiſſen, incidirend, jede motoriſche reflectoriſch wirken. Die Mittheilungen im centralen Nervenſyſteme, welche die Reflexbewegungen bedingen, bilden nur eine Art der Synergien, welche das Gehirn und Rückenmark überhaupt vermittelt, ſo daß hierzu eben ſo wenig als zu den übrigen Thätigkeiten der Centraltheile beſondere und eigenthümliche Primitivfaſern nothwendig werden. Eben ſo läßt ſich nicht das Vermögen der Reflexbewegung als eine bloße Eigenſchaft des Spinalſyſtemes im Gegenſatz zu dem Cerebralſyſteme auffaſſen. Denn die meiſten Reflexbewegungen, welche von den Hirnnerven ausgehen, kommen, dem Verlaufe der Letzteren gemäß, in dem verlängerten Marke zu Stande. Ließen ſich aber definitive Reflexthätigkeiten, die von dem N. olfactorius verurſacht werden, nachweiſen, ſo wäre ſogar auf dieſe Art eine Betheiligung der unteren Parthieen des großen Gehirns wahrſcheinlich gemacht. Ob dagegen in dem Bereiche des großen und kleinen Gehirns hierher gehörende Uebertragungen Statt finden oder nicht, läßt ſich nicht nach unſeren gegenwärtigen Kenntniſſen mit Sicherheit entſcheiden.

Die bloße Quertheilung des Rückenmarkes hebt die Reflexbewegungen 1527
nicht auf, ſondern hindert nur, daß ſich die Reizung und die Gegenwirkungen derjenigen Stücke, deren Nerven hinter der Schnittfläche in das Rückenmark eintreten, denen, welche ihre nervöſen Verbindungen vor derſelben haben, mittheilen. Hat man die Enthauptung des Froſches ſo vorgenommen, daß die Trennungsſtelle zwiſchen das Hinterhaupt und den erſten Wirbel fiel, und ſchneidet alsdann die Wirbelſäule mit dem in ihr enthaltenen Rückenmarke zwiſchen dem vierten und fünften Wirbel durch, ſo entſtehen, ſobald man die Zehen der Vorderbeine kneipt, Reflexbewegungen der Vorderfüße und der Bauchmuskeln, nicht aber ſolche der hinteren Extremitäten. Eben ſo erzeugt der gleiche Anſpruch der Zehen der Hinterfüße einzig und allein motoriſche Reactionen in dieſen, nicht aber in den Vorderbeinen. Hat man bei einem Froſche einerſeits das geſammte Gehirn und anderſeits das ganze Rückenmark mit Ausnahme des Stückes, welches zwiſchen dem erſten und zweiten Halswirbel liegt, zerſtört, ſo ent-

ſtehen bisweilen bei dem Zerſchneiden der oberen Parthie der Bauchhaut Reflerbewegungen in einzelnen Muskeln der Bruſt oder des Oberarmes. Theilt man den Schwanz einer Eidechſe in eine Reihe von Segmenten, welche einen Abſchnitt der Muskulatur nebſt der entſprechenden Parthie des Rückenmarkes einſchließen, ſo erhalten wir Reflerbewegungen durch Hautreize eines jeden Stückes, weil die Nerven der Schwanzmuskeln unmittelbar ins Rückenmark eintreten. Mit einem Worte, die Grundbedingung des Auftretens dieſer Thätigkeit beſteht darin, daß die ſenſiblen und motoriſchen Faſern in ihren peripheriſchen Theilen unverſehrt, in ihren centralen dagegen nur in ihren Anfangspartbien intact vorhanden ſind. Trennungen dagegen, welche ſie in ihren ferneren Theilen treffen, heben die Reflerwirkungen nicht auf.

1528 Legt man das Rückenmark eines enthaupteten Froſches bloß, durchſchneidet es der Quere nach mit einem ſcharfen Meſſer und bringt die Schnittränder ſo nahe als möglich an einander, ſo kehrt die Uebertragung der Reflererſcheinungen von den hinteren auf die vorderen Extremitäten, und umgekehrt, nicht wieder. Die mechaniſche Annäherung iſt mithin außer Stande, die organiſche Continuitätsverbindung zu erſetzen.

1529 Ganz anders verhalten ſich dagegen partielle Theilungen des Rückenmarkes. Faſſen wir nämlich die Verhältniſſe nur ſo, wie ſie dem freien Auge erſcheinen, auf, ſo läßt ſich als Hauptgeſetz ausſprechen, daß die Mittheilung einzig und allein durch die vollſtändige Continuitätsſtörung der grauen, nicht aber der weißen Maſſen des Rückenmarkes unterbrochen wird. Bleibt nur die geringſte Quantität der grauen Subſtanz unverſehrt, ſo daß ſie die Theile unterhalb und oberhalb der Durchſchnittsſtelle vollkommen verbindet, ſo iſt auch die Uebertragung, welche Reflerbewegungen in beiden Parthien veranlaßt, möglich.

1) Legt man bei einem enthaupteten Froſche das Rückenmark bloß und macht mittelſt des Staarmeſſers rechts zwiſchen dem vierten und fünften und links zwiſchen dem fünften und ſechsten Wirbel einen ſolchen von außen nach innen gehenden Einſchnitt, daß der erſtere rechts und der zweite links faſt bis zur Mitte reicht, jedoch noch eine kleine Verbindungsmaſſe centraler grauer Subſtanz übrigläßt und die Nervenwurzeln ſelbſt nicht verletzt, ſo können noch Zuckungen in dem Pharynrüberreſte, der Muskulatur der Schulter u. dgl., durch Kneipen der Hinterzehen und umgekehrt Bewegungen der letzteren durch die gleiche Affection der Vorderfüße hervorgerufen werden. Die Wirkungen ſind jedoch in der Regel nur ſchwach, ſobald die Verbindungsbrücke keine ſehr bedeutende Größe beſitzt. Vollführt man die gleiche Operation an dem lebenden Froſche, ſo kann er alle ſeine vier Extremitäten noch vollkommen gebrauchen. Enthauptet man ihn dann, ſo erregt bisweilen ein auf die Vorderzehen im Stadium der größten Empfänglichkeit ausgeübter Reiz ſo ſtürmiſche Reflerbewegungen, daß der Rumpf davonſpringt und die Hinterfüße gegen die Pincette, welche z. B. die Bauchhaut zuſammendrückt, geſtemmt werden. Verbindet man die innerſten Enden der beiden Querſchnitte mit einander, ſo daß auch die centrale Vereinigungsmaſſe vollſtändig getrennt wird, ſo

erhalten ſich zwar die Reflerbewegungen der Vorder- und Hinterbeine. Allein beide werden auf die in §. 1527 geſchilderte Weiſe unabhängig von einander.

2) Oeffnet man die Wirbelſäule eines lebenden Froſches und trennt das Rückenmark von der Gegend des vierten Wirbels bis zu der des Schwanzbeines in zwei gleiche ſeitliche Hälften, ſo daß der mit einem feinen Meſſer auszuführende Schnitt möglichſt genau gerade in der mittleren Längslinie dahingeht, ſo verliert das Thier hierdurch nicht den Gebrauch ſeiner Hinterfüße, ſobald der Verſuch vollkommen gelungen iſt. Wird es enthauptet, ſo veranlaßt häufig ein ſenſibler Reiz, welcher die rechten Hinterzehen trifft, Reflerbewegungen in beiden Hinterfüßen oder in allen vier Extremitäten. Ich theilte ſogar auf dieſe Weiſe das ganze Rückenmark von der Gegend des erſten bis zweiten Wirbels an der Länge, nach und bemerkte noch die vollſtändigſte Willensbewegung und nach der Enthauptung ſehr verbreitete allgemeine Reflerionserſcheinungen, wenn nur noch eine kleine Verbindungsbrücke unverſehrter Parthien des centralen Nervenſyſtemes vorn vorhanden war. Stilling [1]) bemerkte in dem gleichen Falle, daß lebende Fröſche eine geringere Harmonie der beiderſeitigen Bewegungen, beſonders der beiden Vorderfüße darboten.

3) Macht man das Rückenmark von ſeiner oberen Seite her frei und führt den Längsſchnitt durch die weiße Subſtanz dicht an den Eintrittsſtellen der hinteren Nervenwurzeln des rechten Hinterbeines, ſo wird dieſes Letztere ſogleich paralytiſch. Schneidet man hierauf das Rückenmark quer durch, ſo veranlaßt der rechte Hinterfuß keine Reflerbewegungen und nimmt auch nicht an denen des linken Theil. Sie erhalten ſich dagegen bisweilen, wenn der Schnitt etwas weiter nach innen geführt worden und mithin nicht bloß die peripheriſche Markſubſtanz, ſondern auch ein größerer oder geringerer Theil der centralen grauen Maſſe mit den Nervenwurzeln in Verbindung geblieben iſt.

Dieſe Verhältniſſe können uns bisweilen Momente an die Hand geben, um die Diagnoſe der Lähmungen zu ſpecialiſiren. Wir finden nicht ſelten Paralytiſche, welche keinen Stich, keine Verbrennung und überhaupt keine Verletzung ihrer unteren Extremitäten ſpüren und nicht die geringſte Muskelzuſammenziehung derſelben durch den Einfluß ihres Willens zu vollführen im Stande ſind. Kitzelt man dagegen, während ſie horizontal liegen, die Fußſohle, ſo entſtehen nicht bloß ſchwache Muskelzuckungen, ſondern ihr Bein wird auch häufig zu einer beträchtlichen Höhe emporgeſchleudert. Wir können hieraus ſchließen, daß die Urſache des Leidens in keiner completen Zerſtörung des unterſten Theiles des Rückenmarkes beſteht, ſondern nur die Verbindung deſſelben mit den oberen Parthieen und dem Gehirn auf irgend eine Weiſe vollkommen unterbrochen iſt. Findet dagegen der erſtere Fall Statt, ſo können keine Reflerbewegungen in den paralytiſchen Gliedern zu Stande kommen. Dieſes muß auch ſchon dann Statt finden, wenn ſelbſt die centrale graue Maſſe durch Erweichung oder aus irgend einem anderen Grunde unthätig gemacht worden oder die Urſache der Lähmungserſcheinungen in den peripheriſchen Nerven oder deren Wurzeln liegt. Analoge Verhältniſſe finden ſich häufig bei Hemiplegiſchen. Kitzeln der Fußſohle z. B. bedingt nicht ſelten heftige Zuſammenziehungen des Beines, auf welches der Wille ſo gut als gar keinen Einfluß hat.

---

[1]) Stilling Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarks und der Nerven. Leipzig, 1842 8. S. 82.

Aehnliche Erſcheinungen wiederholen ſich in Betreff derjenigen Thätigkeiten, bei welchen ſich auch im Normalzuſtande die Reflerbewegungen weſentlich betheiligen. Dieſe Verhältniſſe geben ſich am Einfachſten an den Geſchlechtstheilen zu erkennen. Nehmen wir an, daß ein Mann dadurch an den Genitalien und den unteren Ertremitäten vollkommen gelähmt worden, daß das Rückenmark in ſeinem unteren Bruſttheile eine Continuitätsunterbrechung erlitten, ſo wird ihm der Beiſchlaf keine Empfindung irgend einer Art erregen. Nichts deſto weniger iſt aber dann noch Erection und Ejaculation und mithin Befruchtung möglich. Die Steifung des Gliedes erfolgt ſogar oft nach den geringſten Reizen der Penishaut, z. B. bei der Berührung mit der Hand, dem Einführen des Katheters, dem Anſetzen des Uringlaſes u. dgl. Eine Frau wird in dem gleichen Falle keine Wolluſt empfinden, kann aber nichts deſto weniger ſchwanger werden und ſelbſt ſchmerzlos gebähren. Das Vermögen, den Urin und die Excremente willkührlich zu entleeren, geht natürlich bei ſolchen Leidenden verloren. Allein auch hierbei finden wir die doppelte Modification, daß entweder der Harn und der Stuhl, ſobald ſie in die Nähe ihrer Austrittsſtellen gelangt ſind, unwillkürlich abgehen oder umgekehrt die Mündungen der letzteren krampfhaft verſchloſſen werden. Die Blaſe füllt ſich in dieſem Falle dergeſtalt, daß ſie, wenn man nicht den Katheter einbringen kann, ihr Volumen bedeutend vergrößert, bis zu dem Nabel und noch höher emporſteigt und der Gefahr des Berſtens in hohem Grade ausgeſetzt wird. Auch dieſe letzteren Momente ſind Reflererſcheinungen, welche nur bei Integrität des unterſten Rückenmarkstheiles möglich bleiben.

Eine Reihe hierher gehörender Beiſpiele findet ſich in Marshall Hall von den Krankheiten des Nervensystemes. Uebersetzt von Wallach. Leipzig, 1842. 8. S. 271 fgg.

1530 Die Fortdauer und theilweiſe Begünſtigung der Reflerbewegungen, welche nach der Quertheilung des Rückenmarkes Statt findet, lehrt deutlich, daß es für das Zuſtandekommen dieſer Erſcheinungen im Allgemeinen gleichgültig iſt, ob der veranlaſſende ſenſible Reiz zum Selbſtbewußtſein gelangt oder nicht. Hieraus folgt ſchon von ſelbſt, daß auch die Reflerthätigkeiten möglicher Weiſe an den Functionen der Eingeweide, welche die Höhlen der Bruſt, des Bauches und des Beckens ausfüllen, einen weſentlichen Antheil nehmen können. So richtig dieſes aber auch im Allgemeinen iſt und ſo viele directe Thatſachen dafür ſprechen, ſo ſchwer wird es, genau anzugeben, wo dieſer Einfluß beginne und wiederum aufhöre. Denn das aufgeſchnittene und blutleere Herz kann auch noch, wenn es ſelbſt von dem centralen und peripheriſchen, außerhalb ſeiner Maſſe befindlichen Nervenſyſteme getrennt iſt, fortpulſiren. Die wurmförmigen Bewegungen des Darmcanales halten noch an ausgeſchnittenen Darmſtücken ſehr reizbarer Säugethiere eine Zeit lang an. Drückt man eine iſolirte Darmſchlinge mit der Pincette zuſammen, ſo entſteht zwar in der Regel keine ſo ſtarke Periſtaltik, als ſich z. B. nach dem bloßen Oeffnen der Bauchhöhle durch den Reiz der Atmoſphäre erzeugt. Allein es hängt von dem Grade der Reizbarkeit ab, ob die Einwirkung des Druckes nur eine örtliche oder eine ſich weiter fortpflanzende Einſchnürung veranlaßt. Aehnliche Erſcheinungen laſſen ſich an der Harnblaſe, den Tuben, dem Uterus, dem Magen u. dgl. wahrnehmen.

1531 Ein Theil dieſer Phänomene, vorzüglich diejenigen, welche am Magen, den dünnen und dicken Gedärmen, der Harnblaſe und den inneren Geſchlechtstheilen vorkommen, ſcheint darin ſeinen Grund zu haben, daß die Reizbarkeitskräfte mit vieler Intenſität in den einfachen Muskelfaſern zurückgehalten werden und dieſe Elemente in allen genannten Organen als Längen-, Zirkel- und ſchiefe Faſern ſo verwebt ſind, daß die energiſche

und ausgedehnte Verkürzung der einen zugleich die Thätigkeit der anderen und mithin eine Fortpflanzung des Reizes durch die Wiederholung dieſes Proceſſes erregen muß. Wir finden daher auch die bloß localen Wirkungen bei Säugethieren nur dann, wenn ſich die Empfänglichkeit bedeutend verringert hat.

Was das Herz betrifft, ſo haben wir ſchon früher geſehen (§. 671), daß die periodiſchen Zuſammenziehungen ſelbſt der iſolirten Muskelfaſern deſſelben Stunden und ſogar Tage lang bei Säugethieren anhalten können. Dieſe räthſelhafte Erſcheinung verharrt mithin in Fragmenten, welche nicht nur von dem centralen Nervenſyſteme, dem Vagus, Accessorius und Sympathicus, ſondern auch von den Herzgeflechten und allen mit freiem Auge oder ſelbſt unter dem Mikroſkope aufzufindenden Herzzweigen getrennt ſind. Sie bildet aber keine bloße Eigenthümlichkeit des an Ganglien ſo reichen Herzens, ſondern kehrt mit noch größerer Zähigkeit am Zwerchfell, deſſen Hauptnervenſtamm keinen beſonderen Reichthum an Nervenknoten darbietet, wieder. Dieſe Thatſachen deuten darauf hin, daß wir es hier weit eher mit einer Eigenthümlichkeit der Muskelfaſern als der Nerven zu thun haben und vielleicht die anhaltende Uebung der periodiſchen Zuſammenziehung, welche im Leben Statt findet, die Zähigkeit, mit welcher die Contractionen nach dem Tode anhalten, bedingt. Hierfür ſpricht auch, daß bisweilen die Intercoſtalmuskeln ſehr lange nach dem Tode nachzittern [1]).

Dieſe automatiſchen Verhältniſſe der Eingeweide und vorzüglich des Herzens bildeten einen Hauptgrund der früheren Annahme der angeblichen Selbſtſtändigkeit des Sympathicus. Daſſelbe wurde auch noch in neueſter Zeit von Volkmann [2]) wiederholt. Dieſer Forſcher folgert zuvörderſt aus der Fortdauer der Pulſation des ausgeſchnittenen Herzens, daß ſie von den automatiſchen Anregungen der Herznerven ausgehe und dieſes Sichſelbſtgenügen und Sichſelbſtbeſtimmen des ſympathiſchen Nerven deſſen Selbſtſtändigkeit beweiſe [3]). Nun hat Volkmann ſelbſt durch ſeine früheren Beobachtungen [4]) den Satz beſtätigt, daß die Wurzeln des Accessorius einen weſentlichen Einfluß auf die Herzbewegungen ausüben. Wollte man daher ſeinem Schluſſe folgen, ſo wäre es bloße Conſequenz, auch die Selbſtſtändigkeit dieſes Cerebroſpinalnerven anzunehmen. Wenn es daher auch erwieſen wäre, daß die Schläge des ausgeſchnittenen Herzens einzig und allein durch Einrichtungen des Nervenſyſtemes bedingt würden, ſo könnte man die Erſcheinung nur zu Gunſten des Einfluſſes der Ganglien, mögen ſie an Zweigen des Sympathicus oder gewöhnlicher Cerebroſpinalnerven haften, deuten.

Volkmann beruft ſich noch fernerhin auf die ſchon ſeit Harvey [5]) bekannten Erfahrungen der fortdauernden Pulſation der einzelnen iſolirten Stücke des Herzens und beſonders auf die Beobachtung, daß in der Regel die von ihren Vorhöfen losgeſchnittenen Kammern nicht mehr fortpulſiren und eine bis zu einem gewiſſen Grade durchgeführte Längentheilung derſelben den automatiſchen Ventricularſchlag aufheben ſolle. Da mithin dann die dieſe Wirkungen bedingenden Nerven abgeſchnitten ſeien, ſo hörten auch die ſelbſtſtändigen Zuckungen auf.

Betrachten wir zunächſt das Thatſächliche, ſo finden wir, daß der Hauptpunkt, welcher den Erfolg beſtimmt, weder den größten Theil der Vorhöfe, noch der Ventrikel, ſondern die Gegend der Querfurche des Herzens betrifft. Iſolirt man das noch pulſi-

---

[1]) Vergl. J. Budge Untersuchungen über das Nervensystem. Heft II. Frankfurt, 1842. 8. S. 53.

[2]) Müller's Archiv. 1844, S. 419—29. [3]) Ebendaselbst S. 361.

[4]) Ebendaselbst, 1840. S. 498.

[5]) Guilielmi Harvaei Exercitationes anatomicae de motu cordis et sanguinis circulo. Roterdami, 1661. 12. p. 41.

rende Herz eines eben getödteten Froſches und trennt die untere Hälfte der Kammer durch einen Querſchnitt los, ſo pulſirt dieſes untere Fragment nicht mehr auf eine dem freien Auge ſichtbare Weiſe von ſelbſt fort, zieht ſich aber ſogleich, ſobald man es mechaniſch reizt, ein oder mehrere Male zuſammen. Dagegen ſchlagen die Vorhöfe von Zeit zu Zeit ohne Anregung und nach ihnen der übrig gebliebene Ventricularring in abwechſelndem Takte. Spricht man die Atrien, nachdem die Pulſation derſelben aufgehört hat, an, ſo ziehen ſie ſich zuerſt und nach ihnen der Ventrikelüberreſt zuſammen. Ganz die gleichen Erfahrungen machte ich an dem Herzen von neugeborenen Katzen, welche durch Strychnin getödtet worden waren.

Was die Längentheilungen betrifft, ſo fallen die Reſultate derſelben ſehr verſchieden aus. Trennt man die Vorhöfe und die Kammer in zwei ungefähr gleiche ſeitliche Hälften, ſo kann man bisweilen ſehen, daß zuerſt jede Hälfte der Atrien und dann jede des Ventrikels abwechſelnd von ſelbſt fortpulſirt. Allein ſchon hier ſtehen oft beide binnen Kurzem ſtill, und noch häufiger ereignet ſich daſſelbe, wenn beide Abſchnitte ungleich groß ſind. Der kleinere von ihnen kommt nicht ſelten in Nachtheil. Oft pulſiren noch die Vorkammern, ohne daß der Ventrikel daran Theil nimmt.

Schneidet man einerſeits ein oberes Stück des Vorhofes und anderſeits ein unteres der Kammer aus dem pulſirenden Froſchherzen aus, ſo ſchlägt in der Regel weder das eine noch das andere im Ganzen. Das Stück dagegen, welches die Grenze zwiſchen Atrien und Ventrikel enthält, pulſirt wenigſtens in der erſten Zeit ungeſtört weiter.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß die Erſcheinungen der Pulſation im Großen und auf eine dem freien Auge kenntliche Weiſe von denjenigen Phänomenen, welche einzelne Muskelfaſern unter dem Mikroſkope darbieten (§. 671), wohl unterſchieden werden müſſen.

Dieſe Phänomene können möglicher Weiſe von den Nerven abhängen. Als Unterſtützung einer ſolchen Anſicht wäre ſogar die ſchon früher erwähnte Erfahrung anzuführen, daß die Einwirkung der wäſſerigen Opiumtinctur auf die Innenfläche der Kammer den Herzſchlag des Froſches ſogleich aufhebt, während ihn die auf die Außenfläche des Ventrikels unverſehrt läßt. Eben ſo verlieren auch dann die getrennten Vorhof- und Kammerſtücke ihre Reizbarkeit, ſo weit ſich dieſes mit freiem Auge beurtheilen läßt, ſehr ſchnell. Allein der auffallende Zuſammenhang der Pulſationen mit der Integrität des größten Theiles oder der Geſammtausdehnung der Querfurche des Herzens, mithin mit demjenigen Gebilde, von welchem die Muskelfaſern der Vorhöfe und der Kammern ausgehen und an dem ſie vorzugsweiſe ihren Halt- und Stützpunkt haben, läßt auch die Idee aufkommen, daß die mechaniſche Anordnung der contractilen Elemente eine weſentliche Rolle bei dieſen Erſcheinungen ſpiele.

Die mikroſkopiſchen Ganglien, welche Remak an den Herznerven beobachtet hat, werden von verſchiedenen Forſchern als die Urſache der Fortdauer der Schläge des ausgeſchnittenen Herzens angeſehen. Allein ſelbſt gegen dieſe Anſicht ſprechen die ähnlichen Phänomene, welche das Zwerchfell der Säugethiere darbietet, in hohem Grade. Der N. phrenicus iſt, wie wohl auch der eifrigſte Vertheidiger der Selbſtſtändigkeit des Sympathicus zugeben wird, ein Cerebroſpinalnerv, der während ſeines freien Verlaufes weder mit dem Sympathicus in erheblicher Verbindung ſteht, noch ſelbſt bedeutende Ganglien beſitzt. Die Ganglia phrenico-hepatica des rechten N. diaphragmaticus und eben ſo das Ganglion diaphragmaticum der Sympathicusäſte liegen erſt unter dem Zwerchfell. Die linke Hälfte deſſelben entbehrt ſogar jeder größeren Knotenbildung gänzlich. Die in ſie einſtrahlenden Zweige laſſen ſelbſt unter dem Mikroſkope keine Anhäufungen von Nervenkörpern bei der Katze wahrnehmen, und dennoch pulſirt noch eine kleine Parthie dieſes Theiles des Diaphragma, an der ſich nur wenige gewöhnliche Muskelnervenzweige oder ſelbſt dieſe nicht vorfinden, Stunden lang auf automatiſche Weiſe fort. Betheiligen ſich aber hier nicht die Ganglien auf eine nachweisbare Art, ſo ſind wir nicht berechtigt, ihnen ſelbſt bei dem Herzen eine ſolche Rolle mit Beſtimmtheit zuzuſchreiben, und das Einfachſte bleibt, dieſe Phänomene als eigenthümliche Muskelreizbarkeitserſcheinungen anzuſehen und die Urſachen ihrer Periodicität auf die ähnlichen Phänomene im Leben zu beziehen, oder was noch beſſer iſt, vorläufig dahingeſtellt ſein zu laſſen. Denn ein Bekenntniß der Unwiſſenheit iſt immer beſſer, als eine auf vorgefaßten Ideen fußende Erklärung.

Volkmann [1]) hat auch noch die Verhältniſſe der Lymphherzen der Fröſche in der oben erwähnten Mittheilung in das Gebiet der Discuſſion gezogen. Er giebt an, daß zwar die Pulſation der Lymphherzen nach der Enthauptung fortdauere, nach der Zerſtörung des Rückenmarkes aber aufhöre. Nur ein flimmerndes Spiel einzelner Muskelbündel halte noch an. Aber ſelbſt dieſes zeige ſich in den hinteren Herzen nie über ¼ Stunde, in den vorderen über ein Paar Minuten. Jede Zerſtörung des Rückenmarks in der Gegend des dritten Wirbels hebe den Pulsſchlag der vorderen und jede Zermalmung deſſelben in der Gegend des achten Wirbels den der hinteren Lymphherzen auf. Die Durchſchneidung der hinteren Wurzeln ſtöre die Pulſation nicht. Sie gehe aber ſogleich nach der Trennung der vorderen zu Grunde. Volkmann folgert nun aus dieſen Angaben, daß die Bewegung der Lymphherzen keine reflectoriſche ſei, vielmehr direct von gewiſſen Punkten des Rückenmarks ausgehe und von animalen oder cerebroſpinalen, nicht aber ſympathiſchen Nervenfaſern abhänge. Da nun jene keine Selbſtſtändigkeit hätten, ſo hörten auch die Pulſationen ſogleich nach der Durchſchneidung der entſprechenden Nervenwurzeln auf, während die Selbſtſtändigkeit des Sympathicus die Fortdauer der Thätigkeit des Blutgefäßherzens bedinge.

Geſetzt, alle von Volkmann angegebenen Thatſachen wären richtig, ſo würden ſie doch noch nicht deſſen Schlüſſe begründen. Denn wir haben im Herzen ebenfalls cerebroſpinale Faſern, welche entſchieden auf die Muskelbewegungen einwirken, und doch dauert die Pulſation fort. Kann man ſich aber hier mit der Terra incognita der mikroſkopiſchen Ganglien auszuhelfen ſuchen, ſo hört dieſes am Zwerchfell und vorzüglich an der linken Seite deſſelben auf, und doch halten noch oft die Pulſationen bei Kaninchen und Katzen länger als die des Blutgefäßherzens an.

Die ganze Sache gewinnt aber dadurch eine andere Wendung, daß ſich keines der von Volkmann mitgetheilten Facta beſtätigen läßt. Um dieſes zu erhärten, will ich zuvörderſt vier von denjenigen Specialverſuchen, die ich in dieſer Hinſicht angeſtellt habe, genauer anführen:

1) Da nicht immer die Pulſation der hinteren Lymphherzen durch die Haut hindurch deutlich genug wahrgenommen werden kann, ſo machte ich um 10 Uhr 12 Minuten einen Querſchnitt durch die Haut über dem Schwanzbeine und verlängerte ihn zu beiden Seiten, ſo daß die beiden hinteren Lymphherzen durch Zurückſchlagung des Hautlappens freier zu Tage kamen. Ich ſelbſt beobachtete dann das rechte und ein Gehilfe gleichzeitig das linke Herz. Jenes zeigte in der Minute 58, dieſes 59 Schläge. Nun wurde die Vereinigung des Hinterhauptes mit dem erſten Wirbel nebſt dem in ihm enthaltenen centralen Nervenſyſteme mit einer ſtarken Scheere raſch durchſchnitten. Das rechte hintere Lymphherz pulſirte dann 68, das linke 65 Mal in der Minute. Hierauf führte ich einen Draht durch die Wunde ein und zermalmte das Gehirn vollſtändig, ſo daß alle Reflexbewegungen am Kopfe ſchwanden. Das rechte Herz gab dann 75, das linke 76 Schläge in der Minute. Nachdem nun das Rückenmark in der Gegend zwiſchen dem erſten und zweiten Wirbel durchſchnitten worden war, erhielten wir rechts 60 und links 62 Pulſationen. Hierauf legte ich das ganze Rückenmark von dem zweiten bis zum letzten Wirbel bloß. Während und nach Beendigung der Operation war gerade das Stadium der größten Empfänglichkeit für Reflexbewegungen eingetreten. Das rechte Herz pulſirte aber nur 24, das linke bloß 27 Mal in der Minute. Nun durchſchnitt ich um 10 Uhr 40 Minuten die hinteren Wurzeln der Hinterbeine. Rechts zeigten ſich dann 32, links 37 Pulſationen des hinteren Lymphherzens in der Minute. Ich hob alsdann um 10 Uhr 42 Minuten das hintere Ende des Rückenmarks mit einer kleinen Pincette in die Höhe, trennte alle vorderen Nervenwurzeln bis zu den des dritten Nervenpaares ſo nahe als möglich an ihrem Durchgange durch den Wirbelkanal und entfernte endlich das ganze Rückenmark aus dem letzteren. Wir erhielten unmittelbar darauf rechts 47, links 41 vollſtändige und ſicher zu zählende Pulſationen und keineswegs unbeſtimmte Erzitterungen. Dieſe Erſcheinungen dauerten ſo lange fort, daß ich noch um 11 Uhr 7 Minuten an dem rechten hinteren Lymphherzen 32 Pulſationen und mein Gehilfe um 11 Uhr 7 Minuten 7 Pulſationen mit Beſtimmtheit abzählen konnte. Ja ſogar um 11 Uhr 15 Minuten ließen ſich noch einzelne deutliche Schläge ſehr gut erkennen. Die Pulſa-

[1]) Müller's Archiv. 1844. S. 419—23.

tionen der hinteren Lymphherzen dauerten mithin noch 27 bis 35 Minuten nach der Durchſchneidung der vorderen Nervenwurzeln und der Entfernung des ganzen Rückenmarkes fort. Nach 11¼ Uhr ſchlug auch noch das rechte vordere Lymphherz ziemlich lebhaft und verhältnißmäßig ſtärker als das Blutgefäßherz. Das linke machte von Zeit zu Zeit einzelne ſehr ſchwache Bewegungen. Sie ſteigerten ſich aber zu ziemlich energiſchen Schlägen, wenn ich mit dem Meſſerrücken über die Weichgebilde, welche an dem großen Querfortſatze des dritten Wirbels angeheftet ſind, hinfuhr.

2) Ich trennte um 10½ Uhr bei einem großen weiblichen Froſche die Verbindung des Hinterhauptes mit dem erſten Wirbel, zerſtörte das Gehirn gänzlich, machte hierauf einen zweiten Querſchnitt zwiſchen dem erſten und zweiten Wirbel und zermalmte das ganze Rückenmark. Alle Reflerbewegungen waren vollſtändig verſchwunden. Es zitterten nur einige oberflächliche Muskeln der Bruſt, als ich die Bauchdecken ſpaltete — eine Erſcheinung, die, wie wir geſehen haben, von der Integrität des in dem erſten Halswirbel eingeſchloſſenen Stückes des centralen Nervenſyſtems herrührt. Ich ſchnitt nun vorſichtig und ohne Verletzung der Blutgefäße die beiden Grenzſtränge des Sympathicus vom zweiten Wirbel an aus. Das Blutgefäßherz pulſirte ſchwach und langſam, das vordere linke Lymphherz dagegen ſehr energiſch. Der Capillarkreislauf ſtand in den beiden Schwimmhäuten faſt vollkommen ſtill. Nachdem ich die Eingeweide in ihre alte Lage gebracht, nähete ich die Bauchdecken wieder zu. Als ich um 11½ Uhr wieder nachſah, ſchlug das Blutgefäßherz ſehr ſchwach, verſtärkte aber ſeine Pulſationen, nachdem es einige Zeit an der Luft gelegen hatte. Das linke vordere Lymphherz machte 24 bis 32 Schläge in der Minute. Um 3¼ Uhr ergab das letztere 30 Schläge in der Minute, welche ſich durch das Darüberfahren mit dem Meſſer noch verſtärkten. Ich zerſtörte jetzt den Ueberreſt des centralen Nervenſyſtems. Das linke vordere Lymphherz erzitterte dann, pulſirte aber bald darauf wieder ruhig fort. Um 3 Uhr 47 Minuten ſchien dasſelbe auf den erſten Blick ſtill zu ſtehen, ergab aber bald ſehr deutliche Pulſationen, ſo wie ich nur leiſe mit dem Finger darüberfuhr. Das rechte hintere Lymphherz zuckte mehrere Male, ſobald ich es mit der ſtumpfen Spitze der Scheere berührte. Das Blut ging indeß in einigen Capillaren der Schwimmhäute ſehr langſam und ſtoßweiſe fort. Um 5 Uhr 35 Minuten ließen ſich keine automatiſchen Pulſationen des Blutgefäß- oder des linken vorderen Lymphherzens wahrnehmen. Mechaniſche Reizung des erſteren blieb erfolglos. Solche des Lymphherzens rief 8 auf einander folgende Pulſationen hervor. Reizte man es dann von Neuem, ſo entſtand wieder eine Succeſſion von vollkommenen Schlägen. Am andern Morgen war Alles todt.

3) Ich hatte einen männlichen Froſch anderer Unterſuchungen wegen dicht an dem vorderen Ende des erſten Halswirbels um 11½ Uhr enthauptet. Um 11 Uhr 52 Minuten ſchlug das rechte hintere Lymphherz 53, das linke 54 Mal in der Minute. Nun entfernte ich alle Eingeweide, ſchnitt die ganze Wirbelſäule (nebſt dem in ihm enthaltenen Rückenmark) von dem erſten Wirbel bis zur Mitte des Schwanzbeines aus. Die Schläge der beiden hinteren Lymphherzen dauerten noch länger als zwei Stunden fort und verhielten ſich bei den von Zeit zu Zeit vorgenommenen Zählungen folgendermaßen:

Zeit.	Zahl der Pulſationen in der Minute. Hinteres Lymphherz	
	rechtes.	linkes.
11 Uhr 54 Minuten.	25 — 28	pulſirt noch.
12 Uhr 11 Minuten.	37	36
12 Uhr 26 Minuten.	34	32
12 Uhr 41 Minuten.	21	24
2 Uhr 5 Minuten.	18	21

4) Nachdem das centrale Nervenſyſtem eines erwachſenen männlichen Froſches um 10 Uhr 40 Minuten zwiſchen dem Hinterhaupte und dem erſten Halswirbel durchſchnit-

ten worden war, wurde das Gehirn und das ganze Rückenmark ſo ſorgfältig als möglich mit einem Eiſenſtabe zerſtört und dann der Unterkiefer und ſämmtliche Eingeweide entfernt. Um 10 Uhr 42 Minuten pulſirte das rechte vordere Lymphherz 97, das linke 49, um 10 Uhr 44 Minuten jenes 72, dieſes 43 und um 11 Uhr 1 Minute das erſtere 60, das letztere 40 Mal in der Minute. Nun wurde die Wirbelſäule um 11 Uhr 3 Minuten von hinten geöffnet und Alles bis zur Mitte des fünften Wirbels aufs Vollſtändigſte herauspräparirt, ſo daß nur die Knochen der Wirbelkörper übrigblieben. Nichts deſto weniger ergaben ſich aus den ſpäteren Beobachtungen folgende Reſultate:

Zeit.	Zahl der Pulsſchläge in der Minute. Vorderes Lymphherz	
	rechtes.	linkes.
11 Uhr 5 Minuten.	49	25
11 Uhr 12 Minuten.	48	30
11 Uhr 28 Minuten.	35	29
11 Uhr 40 Minuten.	44	47
11 Uhr 59 Minuten.	ſteht ſtill	43

Eben ſo ſchnitt ich die hintere Körperhälfte von enthaupteten Fröſchen dergeſtalt ab, daß die Trennungslinie durch das Schwanzbein und die beiden Lendengeflechte ging und mithin weder ein centrales Nervenſyſtem noch ein Sympathicus an dieſem hinteren Fragmente vorhanden war. Beide hinteren Lymphherzen pulſirten dann noch ſehr lebhaft und regelmäßig eine Stunde und länger. Ihre Schläge erhielten ſich ſogar noch, wenn ich die Schenkel ſo nahe den Schenkelbugen als möglich losgetrennt hatte. Die vorderen Lymphherzen fallen nach Zerſtörungen der Wirbelſäule leichter zuſammen und ſtehen dann häufig ſtill. Allein auch ſie pulſirten noch in Einzelfällen länger als ½ Stunde fort, wenn ſelbſt der Enthauptungsſchnitt die oberen Randſtreifen der großen Querfortſätze des dritten Wirbels hinweggenommen hatte.

Schwächt ſich der Schlag der Herzen, ſo klopfen ſie nicht im Ganzen, ſondern eine Wellenbewegung ſchleicht mit größerer oder geringerer Intenſität längs derſelben hin.

Dieſe Thatſachen beweiſen 1) daß die ſelbſtſtändige Pulſation der Lymphherzen des Froſches noch fortdauern kann, wenn man die Grenzſtränge des Sympathicus entfernt, die vorderen Wurzeln ſämmtlicher Rückenmarksnerven durchſchnitten oder zerriſſen, das Rückenmark ſelbſt herausgelöſt oder zermalmt, oder endlich die ganze Wirbelſäule mit dem centralen Nervenſyſteme und beiden ſympathiſchen Nerven exſtirpirt hat. Es läßt ſich daher nicht beurtheilen, ob ihre Bewegung nur direct von den vorderen Nervenwurzeln geleitet werde. Die von Volkmann angegebenen Reſultate kann ich mir bei dem beſten Willen nur daraus erklären, daß man die Bewegung der bloßgelegten Lymphherzen ſchon bei der Integrität aller Nervengebilde leicht überſieht, wenn man ſie nicht in das rechte Licht geſtellt hat. Bei der durch die Haut wahrgenommenen Pulſation der hinteren Herzen ereignet es ſich häufig, daß der, welcher den Froſch hält, die Bewegung erkennt, eine daneben ſtehende Perſon dagegen dieſelbe nicht mehr bemerkt. Schneidet man aber die Haut vorſichtig weg, ſo iſt das Klopfen der hinteren Lymphherzen ſo ſtark, daß es ſogleich in die Augen fällt.

2) Die Lymphherzen zeigen eine ſehr große Aehnlichkeit mit dem Blutgefäßherzen. Ihre Reizbarkeit dauert oft kürzere, bisweilen aber auch längere Zeit, als die Irritabilität des letzteren. Wie das nur mit Atmoſphäre gefüllte Blutgefäßherz fortpulſirt, ſo ſah ich auch noch die Lymphherzen bei enthaupteten Fröſchen ſchlagen, wenn ein Luftbläschen in ihnen enthalten war. Stehen ſie ſtill, ſo veranlaſſen häufig mechaniſche Reize bei beiden eine Wiederkehr der Pulſation, welche ſich in einer Reihe ſucceſſiver Schläge ausſpricht. Gleichwie ſtarke Verletzungen des centralen Nervenſyſtemes oder des Körpers überhaupt den Puls des Blutgefäßherzens verändern können, ſo haben wir das Gleiche bei den Lymphherzen. Ich ſah Vermehrung oder Verringerung der Schläge derſelben,

Intermiſſionen und wurmartige Undulationen, nachdem nur das Rückenmark zwiſchen dem erſten und zweiten Halswirbel oder ſeiner Länge nach bloßgelegt oder gänzlich zerſtört war. Daß ein ſenſibler auf die Hinterfüße ausgeübter Reiz Reflexbewegungen der hinteren Lymphherzen der Schildkröten veranlaſſe, wurde von Joh. Müller [1] beobachtet.

Weder das Fortpulſiren der Blutgefäß- noch das der Lymphherzen kann bei vorurtheilsfreier Betrachtung als ein Grund für die Selbſtſtändigkeit der Ganglien, viel weniger des Sympathicus angeſehen werden.

1532 Wenn z. B. ein die Bindehaut treffender mechaniſcher Reiz Thränenfluß veranlaßt, dieſe Wirkung aber nach der Durchſchneidung des Trigeminus verloren geht, ſo können wir hieraus mit Recht ſchließen, daß die Reflexbewegungen einzelne Abſonderungsorgane ebenfalls beherrſchen und durch Continuitätsunterbrechungen der entſprechenden Nerven aufgehoben werden. Eine andere noch nicht zu entſcheidende Frage betrifft jedoch die Beſtimmung, wie ſich die inneren Thätigkeiten der Drüſengänge nach dem Abſchluß von den Centraltheilen reguliren. Wir wiſſen, daß Kreislauf und Abſonderung in dieſem Falle fortdauern. Ob ſich aber dann die Poroſität und Größen der Drüſengänge nothwendig verändern, iſt unbekannt. Vgl. §. 455.

1533 Reflexempfindungen. – Mehrere theils phyſiologiſche, theils pathologiſche Erſcheinungen führten zuerſt Stromeyer [2]) zu einer ſpecielleren Entwickelung der Thatſachen, welche andeuten, daß gewiſſe Zuſtände der Muskelthätigkeiten Veränderungen in den Reactionen der centripetal leitenden Nerven veranlaſſen. Angeſtrengtes Naheſehen erregt das Gefühl von Druck in der Augenhöhle, zu lange fortgeſetztes Gehen unangenehme Empfindungen in den Muskeln, vorzüglich des Oberſchenkels. Die Zuſammenziehungen der Gebärmutter während und nach der Geburt bedingen die bekannten Schmerzen, welche die Namen der eigentlichen Wehen und der Nachwehen führen. Leute mit Geſichtsſchmerz haben ſtärkere Anfälle nach dem Kauen, Lachen, Sprechen, Singen u. dgl.

Laſſen ſich aber auch dieſe normalen Erſcheinungen anders deuten, ſo werden von Stromeyer mehrere pathologiſche Erfahrungen, bei welchen der Schmerz nicht in den afficirten Muskelgebilden, ſondern in benachbarten Hautnerven auftritt, hierher gezogen. Der Anfang des freiwilligen Hinkens iſt ſehr oft von ſo ſtarken Schmerzen im Knie begleitet, daß der Arzt leicht getäuſcht werden und vermuthen kann, eine Krankheit des Kniegelenkes vor ſich zu haben. Dieſer Fall tritt vorzüglich dann ein, wenn die Beuger des Oberſchenkels, Psoas und Iliacus internus, zu ſehr geſpannt erſcheinen. Derſelbe Knieſchmerz kehrt auch bei anderen Leiden, in welchen das Gleichgewicht der Muskeln durch zu ſtarke Contraction des Psoas, Iliacus, Pectineus, Sartorius geſtört wird, wieder. Möglicher

---

[1]) Joh. Müller Ueber die Lymphherzen der Schildkröten. Berlin, 1840. 4. S. 4. und deſſen Archiv. 1840. S. 3.

[2]) L. Stromeyer Ueber Paralyse der Inspirationsmuskeln. Hannover, 1836. 8. S. 90. Göttinger gelehrte Anzeigen, 1836. 8. S. 689—720 und 745—59 und De combinatione actionis nervorum et motoriorum et sensoriorum. Erlangae, 1839. 8. p. 2—18.

Weiſe könnten auch die ſchon §. 1324 erwähnten Fälle, in welchen der Oberarm oder der Oberſchenkel amputirt wurde, ohne daß ſich eine erhebliche die heftigen Schmerzen rechtfertigende Entartung des Ellenbogen- oder Kniegelenkes vorfand, hierher gehören. Man muß deshalb dann jedenfalls, bevor man ſich zur Abnahme eines ſolchen Gliedes entſchließt, genau prüfen, ob nicht eine Contractur der genannten Muskeln vorhanden iſt, und wenn ſie exiſtirt, die ſubcutane Durchſchneidung derſelben vor jeder anderen Operation verſuchen. Wir haben früher geſehen, daß die bloße Amputation des Oberarmes oder Oberſchenkels nichts half, ſondern erſt die Exarticulation im Schulter- oder Hüftgelenke dem Kranken Ruhe verſchaffte. Es iſt denkbar, daß dieſes nur dadurch zu Stande kam, daß erſt jene bedeutende Verſtümmelung des Patienten die als veranlaſſende Urſache wirkende Störung des Muskelgleichgewichts aufhob. Die letztere kann auch an den Amputationsſtümpfen anhaltende oder nachlaſſende Schmerzen verurſachen.

Bei dem ſogenannten Malum coxae senile iſt das Hüftgelenk nicht gebeugt, ſondern geſtreckt. Der Schmerz erſcheint auch nicht im Knie, ſondern an der Hinterfläche des Schenkels und zieht ſich bis zur Kniekehle herab. Einzelne Forſcher rechneten noch hierher die heftigen Schmerzen, welche bei der Fissura ani vorkommen und mittelſt der Durchſchneidung des Sphincter gehoben werden. Es fragt ſich jedoch, ob nicht hier die ſenſiblen Nerven direct angegriffen ſind und bei jener Operation unmittelbar getrennt werden.

Eine andere Reihe hierher gehörender Erſcheinungen charakteriſirt ſich 1534
angeblich dadurch, daß keine erhöhte, ſondern eine ſcheinbar oder wahrhaft verminderte Thätigkeit ſenſibler Nerven den geſtörten Verhältniſſen der Muskeln parallel geht. Als Stromeyer die Sehnen beider Fingerbeuger in der Mitte des erſten Phalanx durchſchnitten hatte, bemerkte der Kranke ſogleich, daß er ſeinen Finger nicht fühle. Nichts deſto weniger unterſchied in dem gleichen Falle ein anderer Patient die beiden in einiger Entfernung von einander aufgeſetzten Zirkelſpitzen als geſonderte Punkte. Man hatte es daher hier, wie es ſcheint, mit einer bloß ſubjectiven Perception zu thun. Reißt die Achillesſehne in Folge einer Verletzung oder wird ſie zu chirurgiſchen Zwecken durchſchnitten, ſo verringert ſich ſogar nach Stromeyer die objective Taſtempfindlichkeit der Haut des ganzen Fußes oder der Ferſe, ſo lange die Extremität gut genährt iſt. Die Erſcheinung tritt aber an atrophiſchen Gliedern in hohem Grade in den Hintergrund. Es wäre ſehr zu wünſchen, daß dieſe Erfahrungen noch weiter von den Chirurgen verfolgt würden, da ſich noch nicht die eben erwähnten Angaben unter einen gewiſſen Einheitspunkt bringen laſſen [1]) und nicht jeder Verdacht acceſſoriſcher Nervenverletzungen beſeitigt iſt.

Das Zuſtandekommen der Reflexbewegungen entſpricht vollſtändig den 1535
Geſetzen der Leitung des Nervenprincips. Das Aequivalent des anregenden ſenſiblen oder ſenſuellen Reizes geht ſeiner Natur nach centripetal

[1]) Vergl. auch Henle allgemeine Anatomie. Leipzig, 1841. 8. S. 708.

und eben ſo die verurſachte motoriſche Wirkung centrifugal. Die Rolle kehrt ſich aber bei den Reflexempfindungen um, und es entſteht auf dieſe Art die Frage, wie der centrifugal nach den peripheriſchen Organen ſtrömende motoriſche Reiz ſenſible Reactionen in dem centralen Nervenſyſteme veranlaſſen kann. Das Problem läßt ſich leicht löſen, wenn wir die centralen Nervenkörper als diejenigen Theile betrachten, welche urſprünglich die Strömungen der Nervenfaſern anregen. Iſt z. B. das Gleichgewicht in den Muskeln des Hüftgelenkes geſtört, ſo befindet ſich eine Parthie derſelben, z. B. die der Beuger oder die der Strecker, in übermäßiger anhaltender Zuſammenziehung, d. h. ihre motoriſchen Faſern, oder richtiger die ihnen entſprechenden centralen Nervenkörper befinden ſich in einem erhöhten Thätigkeitszuſtande. Theilt ſich dieſer benachbarten Nervenkörpern ſenſibler Nerven mit, ſo muß der Schmerz entſtehen und ſo lange, als jene erſteren überreizt ſind, anhalten. Da nun aber oft die ſenſiblen Faſern peripheriſcher Hautſtellen und die motoriſchen der ihnen benachbarten Muskeln, wie ſchon die Reflexbewegungen lehren, einen gegenſeitig anregenden Einfluß ausüben, ſo wird es erklärlich, weshalb die fortdauernde übermäßige Zuſammenziehung der Beuger des Hüftgelenkes bei dem freiwilligen Hinken Schmerzen im Knie und die der Strecker bei dem Malum coxae senile unangenehme Empfindungen an der Hinterſeite des Oberſchenkels veranlaßt.

J. Heine [1]) gab eine etwas verſchiedene Erklärung dieſer Erſcheinungen. Wenn nämlich ein motoriſcher Nerv ſein Nervenprincip in den Muskel durch den Einfluß des Willens oder aus anderen Urſachen zu entladen verhindert iſt, ſo häuft ſich die Nervenkraft in der jenen Nerven entſprechenden Centralprovinz an, afficirt daher die benachbarten Provinzen ſenſibler Nerven und erzeugt auf dieſe Art Schmerz. Heine belegt dieſes Phänomen mit dem Namen des Belaſtungsgeſetzes der Nerven.

Einzelne Forſcher nehmen noch an, daß die Thätigkeiten der entſprechenden Muskeln die ſenſuellen nervöſen Apparate zu ſchärfen und in ihrer Empfindlichkeit zu erhöhen im Stande ſind. Sie berufen ſich in dieſer Beziehung auf die überwiegende Thätigkeit der Recti interni und die Verkleinerung der Pupille, bei der Betrachtung naher Objecte von geringem Umfange, die Function der Ohrmuskeln bei dem ſcharfen Hören der Thiere, die Bewegungen der Naſe und Zunge bei dem feinen Riechen und Schmecken und die ſicherere Schätzung der Gewichte bei gleichzeitiger Anwendung von Muskelzuſammenziehungen. Wir haben aber ſchon in der Sinnenphyſiologie geſehen, daß alle dieſe Erſcheinungen nur die Mechanik der einzelnen Sinne paſſend einrichten und unterſtützen und mithin wahrſcheinlich nicht hierher in dem oben angeführten Sinne zu rechnen ſind.

1536 Endlich können noch ſenſible Reflexempfindungen durch die übermäßige Thätigkeit der ſenſuellen Nerven entſtehen. Hierher gehört der Schmerz in den Augen nach übermäßiger Anſtrengung derſelben und im Ohre nach dem Hören ſehr feiner und gellender Töne. Wie man leicht ſieht, paßt auch die oben angegebene hypothetiſche Erklärung der motoriſch-ſenſiblen Reflexempfindungen auf dieſe Erſcheinungen.

1537 Gegenſeitige Beziehungen der verſchiedenartigen Nerventhätigkeiten. — Schon der Geſunde wird in den meiſten ſeiner Bewegungen durch vorangegangene ſenſuelle oder ſenſible Eindrücke beſtimmt.

---

[1]) J. Heine Phyſio-pathologiſche Studien aus dem ärztlichen Leben von Vater und Sohn. Eine Gedächtnißſchrift für Johann Georg Heine, den Orthopäden. Stuttgart und Tübingen, 1841. 8. S. 66—77.

Er ſtreckt ſeine Hand nach Dingen, die er ſieht, wendet ſeinen Kopf nach ſolchen, welche tönen oder riechen. Die Gefühlswahrnehmungen ſeiner Füße beſtimmen die Stellung, welche er annimmt u. ſ. w. Noch merklicher greifen dieſe Erſcheinungen in Krankheitszuſtänden ein. Leidet ein Menſch an bloßer Lähmung der ſenſiblen Nerven ſeiner unteren Extremitäten, während die Bewegungen derſelben ſeinem Willen gehorchen, ſo iſt deſſenungeachtet ſein Gang ſchwankend und unſicher, weil der normale Regulator der Taſtempfinglichkeit fehlt. Es giebt Kranke, die hohe Grade unvollkommener Lähmung darbieten und ſich noch mit offenen Augen frei ſtehend erhalten können, bald dagegen, nachdem man ihnen die Augen verbunden hat, wanken und Gefahr laufen, umzuſinken.

Ob die bloße Lähmung der motoriſchen Wurzeln eines Gliedes an 1538
und für ſich zugleich die Empfindung abſtumpft oder träger mache, iſt noch nicht bekannt. Hunde wenigſtens, deren Bewegungsnerven der Hinterbeine durchſchnitten worden, fühlen jeden Nadelſtich an denſelben deutlich. Wäre aber auch dieſes nicht der Fall, ſo könnten die negativen Reſultate eben ſo gut durch das Bloßliegen des Rückenmarkes bedingt ſein. Noch weniger ſind natürlich Krankheitsbeobachtungen und Sectionsreſultate dieſe delicate Frage in Betreff des Menſchen zu entſcheiden im Stande.

Einzelne Paraplegien oder andere Bewegungslähmungen verbinden ſich nicht ſelten mit einer erhöhten Empfindlichkeit gewiſſer Hautſtellen, ſo daß die Berührung derſelben bedeutende Schmerzensempfindungen und zugleich ausgedehnte Reflerbewegungen veranlaſſen kann [1]. So dunkel aber auch die Urſachen ſolcher Empfindungen ſind, ſo wenig dürfen wir ſie mit Sicherheit hierher ziehen, weil uns der Gang der Entartung im centralen Nervenſyſteme und deren Einfluß auf die Stimmungsthätigkeit der einzelnen Nervenkörper ganz und gar unbekannt iſt.

Mitbewegungen. — Die Reizung eines peripheriſchen motoriſchen 1539
Nerven ruft, wie wir geſehen haben, nur in denjenigen Muskeln, welche von ihm bewegende Primitivfaſern erhalten, Zuckungen hervor. Dieſe combiniren ſich dann je nach Verſchiedenheit des Nervenſtammes zu ausgedehnteren Flerions- oder Extenſionswirkungen oder bedingen iſolirte Zuſammenziehungen der in Affection geſetzten contractilen Gebilde. Anders dagegen verhalten ſich diejenigen Muskelthätigkeiten, deren urſprüngliche Anregung von dem centralen Nervenſyſteme ausgeht. Hier erſtrecken ſich die Effecte auf eine größere regelmäßig verbundene Reihe von Muskeln. Die Contraction eines Muskels veranlaßt dann die Mitbewegung oder die aſſociirte Bewegung einer Reihe von anderen.

Die einfachſte Urſache dieſer Erſcheinung bildet ein gewiſſer Grad von 1540
Unvollkommenheit des Willenseinfluſſes. Bemühen wir uns, einen Muskel, welcher in der Regel nicht iſolirt thätig iſt, zur Zuſammenziehung zu bringen, ſo contrahiren ſich zugleich auch ſolche Muskeln, die gewöhnlich mit ihm gleichzeitig wirken. Die meiſten Menſchen runzeln z. B. die Stirn, wenn ſie nur ein Auge vollſtändig ſchließen wollen, oder bewegen einzelne Theile ihres Geſichtes, ſobald ſie die Naſenflügel ſtark zu heben oder

[1]) Marshall Hall Von den Krankheiten des Nervensystems, übersetzt von Wallach. Leipzig, 1842. 8. S. 289. 90.

das eine Ohr in Bewegung zu ſetzen beabſichtigen. Sie können nicht ohne beſondere Uebung die vier geſtreckten Finger dergeſtalt aus einander ſpreizen, daß einerſeits Zeige- und Mittel- und anderſeits Ring- und kleiner Finger beiſammen liegen und zwiſchen beiden ein möglichſt großer Zwiſchenraum übrig bleibt. Alle dieſe Unvollkommenheiten laſſen ſich aber durch Uebung eliminiren. Wir ſind dann im Stande, eine immer kleinere Provinz von Muskeln oder ſelbſt Muskelabtheilungen durch unſeren Willen zu beherrſchen.

1541 Gleichartige ſymmetriſche Muskeln gerathen leicht in homogene Bewegungen. Viele Functionen, wie z. B. das Athmen, Lachen, Weinen, Sprechen u. dgl. ſind ſogar hierauf baſirt. Die einander entſprechenden Muskeln der beiden Hälften des Geſichtes, der Bruſt, des Bauches und dgl. arbeiten hierbei gleichzeitig. Sehr viele Menſchen können das eine Auge nur nach beſonderer Uebung ohne das andere feſt ſchließen und müſſen ſich daher z. B. eines von beiden bei dem Sehen durch ein Fernrohr oder Mikroſkop mit den Fingern zuhalten. Einzelnen Perſonen, welche ihre Ohrmuskeln willkürlich in Thätigkeit zu verſetzen vermögen, bewegen zugleich das zweite Ohr, ſobald der Willenseinfluß nur eins afficirt. Es iſt ſehr leicht, beide Arme gleichzeitig nach vorn oder nach hinten zu drehen, ſchwer dagegen dieſe Rotationen in demſelben Momente nach entgegengeſetzten Richtungen auszuführen.

1542 Wie z. B. die Regenbogenhaut des Auges am deutlichſten beweiſt, gehorchen die unwillkürlichen Muskeln dieſem Geſetze ebenfalls. Jede Veränderung der Pupille des einen Auges veranlaßt zugleich ſolche des andern. Dieſe Norm kann ſelbſt noch dann, wenn der eine Bulbus größtentheils oder gänzlich erblindet iſt, durchgreifen und daher auf den erſten Blick zu irrthümlichen Schlüſſen in Betreff des Sehvermögens Veranlaſſung geben.

1543 Die paarige Thätigkeit erleidet eine ſehr eigenthümliche Modification an den Augenmuskeln. Die Berückſichtigung der Zweckmäßigkeit der Functionen verändert hier zum Theil die allgemeine Regel. Kein Menſch kann das eine Auge ohne das andere heben oder ſenken. Die beiden Recti superiores und inferiores wirken mithin, wie gewöhnlich, gleichzeitig. Wenden wir den Blick nach rechts, ſo zieht ſich der Rectus externus des einen und der Rectus internus des anderen Bulbus in demſelben Augenblicke zuſammen. Dieſe Bewegung iſt zwar keine anatomiſch ſymmetriſche, aber wenigſtens eine phyſiologiſch harmoniſche. Denſelben Charakter haben natürlich die Wandungen des einen Augapfels nach oben und innen oder nach unten und innen und des anderen nach oben und außen oder unten und außen, wenn ſie durch Combinationen von Rectus internus oder externus mit dem Rectus superior und inferior bedingt werden. Allein das Eigenthümlichſte iſt, daß jeder Menſch ſeine beiden Recti interni, nicht aber ſeine beiden Recti externi nach Belieben zuſammenziehen kann. Wir müſſen beide Augen gleichzeitig nach innen wälzen können, weil ſie, wie wir geſehen haben (§. 1153), nie parallel werden, ſobald wir einen Gegenſtand mit beiden Bulbis zugleich fixiren. Eine Divergenz dagegen, wie ſie bei der gemeinſchaftlichen Wirkung der beiden Recti externi zu Stande

käme, wäre mit dem gleichzeitigen Sehen mittelſt zweier Augen unverträglich. Sie könnte nur verſchiedene doppelte Bilder liefern und die Auffaſſung ſtören. So klar nun auch die optiſche Nothwendigkeit jener Einrichtung der Augenmuskeln iſt, ſo ſehr die gleichzeitige Thätigkeit der Recti interni mit den übrigen Mitbewegungsverhältniſſen ſtimmt, ſo wenig kennt man bis jetzt mit Sicherheit den Grund, weshalb niemals beide Recti externi im geſunden Zuſtande activ zuſammenwirken. Daß hierbei von keinen bloßen Gewohnheitserſcheinungen, ſondern nur von organiſchen Geſetzen die Rede ſein könne, verſteht ſich von ſelbſt und wird überdies noch dadurch erhärtet, daß ſchon das kleine Kind dieſelben Phänomene wie der Erwachſene darbietet.

Verſchiedene Hypotheſen, dieſe Eigenthümlichkeit zu erklären, finden ſich in: Joh Müller Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Abthl. I. 1837. 8. S. 85—87. De functionibus nervorum. p. 31. C. G. T. Ruete Neue Untersuchungen und Erfahrungen über das Schielen und seine Heilung. Göttingen, 1841. S. 31 fgg.

Manche Mitbewegungen bilden nothwendige Glieder der Kette des Organismus, während andere dieſe Grundbedingung der Zweckmäßigkeit trotz ihrer regelmäßigen Wiederkehr nicht darbieten. Natürlich müſſen alle Muskeln, welche den Athmungsmechanismus bedingen, zuſammenwirken. Keine Fortdauer des Lebens wäre ohne ihre gemeinſchaftliche Arbeit denkbar. Wenn aber ein Menſch, der tief und mühſam reſpirirt, zu gleicher Zeit Verzerrungen ſeines Geſichtes darbietet, ſo ſind dieſe, wie ſich von ſelbſt verſteht, außer Stande, ſeine Reſpiration zu verbeſſern. Sie rühren nur davon her, daß er die Naſenflügel möglichſt ſtark zu erweitern ſucht, um einen bedeutenderen Luftſtrom einzuſaugen, und daß auch bei dieſer Gelegenheit die übrigen Geſichtsmuskeln nach dem ſchon §. 1540 erwähnten Localitätsgeſetze mitſpielen. Denn die Angſt, welche den Menſchen quält, vermindert dann auch den Oertlichkeitsbefehl ſeines Willens. 1544

Gerade der Athmungsmechanismus zeigt deutlich, wie ſolche nothwendige Mitbewegungen ihre beſtimmten Regulatoren in einzelnen Provinzen des centralen Nervenſyſtemes haben und in welchem Grade dieſes die Bedürfniſſe des Organismus functionell beherrſcht und gleichſam mikrokosmiſch wiedergiebt. Man ſtellte ſich zunächſt vor, daß die in die Lungen eingezogene Atmoſphäre die ſenſiblen Faſern der Schleimhaut reizt und die Athembewegungen als Reflexerſcheinungen veranlaßt. Allein ſchon das lange Anhalten dieſer motoriſchen Regungen bei dem Erſtickungstode, welcher durch eine um die Luftröhre geſchlungene Ligatur bedingt wird, konnte eine ſolche Anſicht widerlegen. Weder die Durchſchneidung der Vagi, noch die vollſtändige Iſolirung oder ſelbſt die Exſtirpation der Lungen [1]) und des Herzens hebt den Athmungsmechanismus auf der Stelle auf. Eben ſo gelangt man zu dem gleichen negativen Reſultate, wenn man das große oder das kleine Gehirn entfernt. Sogar die völlige Exſtirpation des Rückenmarkes iſt nicht im Stande, alle Athemanſtrengungen zu vernichten. Die Mechanik ſteht aber nach der Zerſtörung der Medulla oblongata, wie 1545

[1]) Volkmann in Müller's Archiv, 1840. S. 337.

wir ſpäter bei den Specialthätigkeiten derſelben ſehen werden, ſogleich ſtill. Sie allein bildet daher den Regulator der Athembewegungen, ſo lange ſie unverletzt iſt und eine hinreichende Speiſung und Belebung durch den Zufluß arteriellen Blutes empfängt, oder ihre frühern Kräfte zurückzuhalten im Stande iſt Fehlt die erſtere Bedingung, ſo werden die Athmungsanſtrengungen zunächſt größer und tumultuariſcher und hören endlich, wenn nicht Hilfe geſchafft wird, gänzlich auf. Jedes erſtickende Säugethier kann uns anſchauliche Belege hierfür liefern.

1546 Die Athembewegungen können aber auch, indem ſie ihre Regulationsquelle im verlängerten Marke haben, auf dem Wege des Reflexes verſtärkt werden. Die Erſcheinungen des Nieſens nach Reizungen der Naſenſchleimhaut, die des Huſtens nach Affectionen der Innenhaut des Kehlkopfes, der Luftröhre oder der Lungen, die des Schluchzens durch Anregungen der Magenſchleimhaut liefern unmittelbare Belege hierfür. Die Verſtärkung der Athembewegungen und des Herzſchlages bei dem Laufen, dem raſchen Berg- oder Treppenſteigen u. dgl. ſind wahrſcheinlich ebenfalls in ähnlichen Verhältniſſen begründet.

Da endlich das verlängerte Mark nicht bloß die Nerven der Athemmuskeln, ſondern auch die der meiſten übrigen Körpertheile enthält, ſo erklären ſich hieraus auch leicht die allgemeinen Krämpfe, die bei der Zerſtörung deſſelben zu Stande kommen.

1547 Obgleich kein Muskel unſeres Körpers, welcher einfache Faſern beſitzt, dem Einfluß unſeres Willens unterworfen iſt, ſo hat doch die Natur wiederum der Zweckmäßigkeit des Organismus wegen die Einrichtung getroffen, daß manche von ihnen indirect durch den Befehl unſeres Geiſtes verändert werden können. Dieſes geſchieht dann auf dem Wege der Mitbewegung nach der Contraction oder Erſchlaffung eines mit quergeſtreiften Faſern verſehenen Muskels, welcher unſerem Willen gehorcht. Einen deutlichen Beleg hierfür giebt die Regenbogenhaut des Auges. Drehen wir z. B. den einen Bulbus nach außen, den anderen dagegen der harmoniſchen Thätigkeit der Augen entſprechend nach innen, ſo zeigt ſich keine Veränderung der Größe des Sehloches, welche dieſen Thätigkeiten allein entſpräche. Die Pupille verkleinert ſich aber, ſo wie wir die beiden Augen z. B. behufs der Fixation eines näheren Gegenſtandes nach innen wenden, und vergrößert ſich, ſobald die Convergenz nachläßt. Wir können hieraus ſchließen, daß die gleichzeitige Energie der beiden Recti interni auch diejenigen Muskeln der Regenbogenhaut, welche die Verringerung des Sehloches bewirken, zur Action anregt, während das Ueberwiegen der Recti externi den entgegengeſetzten Erfolg bedingt.

1548 Die Erſcheinungen, welche die ſogenannte willkürliche Bewegung der Pupille veranlaſſen, führen uns in dieſer Hinſicht noch um einen Schritt weiter. Man kann ſich nämlich durch Uebung [1]) die Fähigkeit aneignen, daß ſich das Sehloch des linken ſtarr hinblickenden und feſtſtehen-

---

[1]) Siehe J. Purkinje Beobachtungen und Versuche zur Physiologie der Sinne. Bd. I. Prag, 1819. 8. S. 124.

den Auges, während man ſich das rechte zuhält, nach dem Befehle des Willens verkleinert oder vergrößert. Die ganze Kunſt beſteht aber nur darin, daß man um dieſe Zeit mit dem rechten, dem Blicke jedes Zweiten entzogenen Auge nach innen ſchielt. Seine Pupille verkleinert ſich dann und zieht mithin auch die Durchmeſſerverminderung des Sehlochs des unbewegten Bulbus nach ſich. Die genannte Fertigkeit beruht alſo darauf, dieſes letztere ſtill zu halten, während das geſchloſſene nach innen rollt. Dieſe Thatſache zeigt deutlich, daß ſchon die Contraction des einen Rectus internus die Pupillen beider Augen verkleinern kann, wenn nur nicht der Rectus externus des anderen Bulbus durch ſeine Zuſammenziehung ein ſtärkeres Contrebalancement bewirkt.

Offenbar ſteht die gemeinſchaftliche Nervenverſorgung der Iris und des Rectus internus durch den R. inferior N. oculomotorii mit dieſen Verhältniſſen in inniger Beziehung. Die näheren Momente der hierbei Statt findenden Verhältniſſe aber ſind uns für jetzt noch gänzlich verborgen.

Die Entleerung des Harns und des Stuhlganges beruht wahrſchein- 1549
lich, wie §§. 198 u. 497 erläutert wurde, auf zum Theil ähnlichen Einrichtungen. Die mit quergeſtreiften Faſern verſehenen Schließer der Ausgänge dieſer Theile erſchlaffen auf den Befehl unſeres Willens. Iſt dieſes geſchehen, ſo beginnen dann die einfachen Muskelfaſern der Blaſe und des Maſtdarmes ihre Druckkräfte auszuüben. Die Natur hat auf ſolche Art dieſe ſonſt von den Anordnungen unſeres Bewußtſeins emancipirten Functionen indirect denſelben untergeordnet.

Die vollſtändige Regulation der Mitbewegungserſcheinungen durch die 1550
Kräfte einzelner Gegenden des centralen Nervenſyſtems umfaßt nicht bloß die gleichzeitige, ſondern auch die antagoniſtiſche Thätigkeit verſchiedener Muskelgruppen. Wenn die Inſpiratoren erſchlaffen, fangen die Exſpiratoren zu arbeiten an. Der Nachlaß des Verſchluſſes von Harnblaſe und Maſtdarm regt die Zuſammenziehung der einfachen Muskelfaſern dieſer Theile an. Beuger und Strecker kommen bei dem Gehen in abwechſelnde Thätigkeit.

So leicht ſich alle dieſe Phänomene im Allgemeinen angeben laſſen, 1551
ſo wenig kennen wir die ſie veranlaſſenden Hebel des centralen Nervenſyſtems im Einzelnen. Unſere Unwiſſenheit giebt ſich ſchon in dieſer Hinſicht in Betreff der Reflexbewegungen deutlich kund. Ein Nadelſtich kann iſolirt empfunden werden oder örtliche oder allgemeinere Zuckungen anregen. Wir wiſſen aber nicht, warum dann der Reiz gerade in dieſer und nicht in jener Weiſe überſpringt. Eben ſo unbekannt bleibt es, durch welchen ſpeciellen Mechanismus des centralen Nervenſyſtemes die eine oder die andere Verbindung, die Coincidenz oder der Antagonismus der Muskelgruppen bewirkt wird. Die Phyſiologie hat das Studium der Functionen der größeren Maſſen des centralen Nervenſyſtemes noch nicht beendigt. Erſt wenn dieſes geſchehen, wird man zu kleinen Oertlichkeitsverletzungen des Gehirns und Rückenmarkes übergehen können, um die Urſachen der eben behandelten Wirkungen genügend zu ermitteln.

Mitempfindungen. — Die Vollkommenheit des Organismus 1552
verlangte, daß jeder ſenſible Eindruck möglichſt localiſirt ſei, d. h. jede

Mitempfindung einer anderen Stelle vermieden wird. Es kommen daher nur bei ſehr großer Heftigkeit der Einwirkung oder unter krankhaften Zuſtänden conſenſuelle Wahrnehmungen an anderen Punkten des Körpers als denjenigen, welche unmittelbar von dem Reize getroffen worden ſind, vor.

1553 Ein örtlicher Eindruck kann zu allgemeinen Empfindungen Veranlaſſung geben. Hierher gehört z. B. der Schauer, der uns einige Augenblicke, nachdem wir auf ein Sandkorn gebiſſen, einen Bindfaden gewaltſam durch die Zähne gezogen, ſehr feine klirrende und ungewohnte Töne oder Geräuſche gehört oder uns den Nacken mit einer ſteifen Bürſte gerieben haben, überfällt. Die Zerrung oder Unterbindung eines einzigen Nervenzweiges iſt im Stande, das Gefühl des Brennens in der ganzen Haut zu veranlaſſen.

1554 Während aber hier die Heftigkeit oder Eigenthümlichkeit des Eindruckes eine weiter ausgedehnte Exploſion des centralen Nervenſyſtemes bedingt, geben auch viele Kranke Beiſpiele örtlicher Mitempfindungserſcheinungen. Die nächſte Veranlaſſung hierzu bildet die Nachbarſchaft des Verlaufes der Primitivfaſern. Wenn z. B. ein Individuum an heftigen Zahnſchmerzen des Oberkiefers leidet, ſo werden auch leicht die übrigen Zweige des zweiten Aſtes des dreigetheilten Nerven mit afficirt. Es ſtellen ſich unangenehme Empfindungen in der Wange und der Umgebung derſelben ein. Umgekehrt nimmt oft ein Menſch, der zu Schmerzen in den Backzähnen geneigt iſt, ein Ziehen in denſelben wahr, ſobald er ſich die benachbarte Wangenhaut raſirt. Steine in der Blaſe verurſachen oft Jucken in der Eichel, ſo daß hierdurch Patienten der Art zur Selbſtbefleckung verleitet werden können. Reizung eines einzelnen Fingernerven veranlaßt neuralgiſche Leiden der ganzen Hand u. dgl. mehr. Alle ſolche Erſcheinungen erklären ſich leicht, wenn man annimmt, daß ſich der entzündliche Zuſtand immer weiter centripetal an dem Nervenzweige fortpflanzt und auch auf dieſe Art unmittelbar benachbarten Aeſten mittheilt.

Erſtreckt ſich die übermäßige Anregung bis in das centrale Nervenſyſtem hinein, ſo können ſehr entfernt liegende Organe zur Mitempfindung geſtimmt werden. Hierher gehören z. B. das Gefühl von Drücken in den Augen, von Heißhunger, Magenſchmerz, Aufblähung der Därme u. dgl., welches viele Onaniſten nach bedeutenden Samenentleerungen oder öfterer Wiederholung der Reizung ihrer Geſchlechtstheile ſpüren, die Affectionen der Augen, die Stirn-Kopfſchmerzen, die Neuralgien des Geſichtes bei Unterleibskranken, der Heißhunger bei einzelnen organiſchen Störungen des Herzens, die Empfindungen im Magen bei Leiden der Nieren, der Hoden, der Ovarien oder der Gebärmutter.

1555 Endlich können noch auf dieſe Art ſcheinbar von einander vollkommen unabhängige Parthien des Organismus durch Vermittlung des centralen Nervenſyſtems in Thätigkeit geſetzt werden. Die häufigſten Fälle der Art finden ſich bei Menſchen mit Neuromen, bei Hypochondriſten und vorzüglich bei hyſteriſchen Frauen. Die letzteren können hierdurch die täuſchendſten Symptome von organiſchen Affectionen der Bruſtdrüſe oder der Gelenke veranlaſſen, ſo daß ſich ſogar ſchon Chirurgen zu Amputationen verleiten

ließen, die Perſonen unnöthiger Weiſe verſtümmelten und ihre Leiden durch ſolche unnütze Operationen eher erhöhten als verminderten. Unreinigkeiten oder ſenſible Reize im Magen haben bisweilen bei Männern die heftigſten Schmerzen in der Wade, dem Knöchel oder dem Fuße zur Folge gehabt. Ein Brechmittel verſcheuchte dieſe Symptome auf der Stelle. Die Verletzung eines kleinen Nervenaſtes eines Fingers einer Frau verurſachte die bedeutendſte Neuralgie in der ganzen oberen Extremität, der Bruſt und dem Kopfe, die ſich ſogar nur theilweiſe durch die Amputation des Fingers hob. Ein unbedeutendes Neurom an der Bruſt zieht bisweilen heftige Schmerzen im Arme, im Rücken u. dgl. nach ſich. Iſt eine Stelle der Vaginalſchleimhaut wund getrieben, ſo daß ein Nervenäſtchen freiliegt, ſo erregt oft der Beiſchlaf unerträgliche Schmerzen in der ganzen Scheide. Das Leiden ſteigert ſich dann nicht wenig durch die bald folgende krampfhafte Zuſammenziehung des Constrictor cunni. Nicht ſehr ſelten heilt einer der Nervenknollen eines Amputationsſtumpfes ſo ein, daß eine ſchmerzhafte Reizung entſteht. Die krankhafte Empfindung beſchränkt ſich aber nicht bloß auf den Ueberreſt der Extremität, ſondern die Haut des Bauches und der Bruſt wird ſo empfindlich, daß ſie nicht die geringſte Berührung verträgt. Die Exſtirpation des Nervenknollens oder eine abermalige Amputation des Stumpfes mit Verhütung der Wiederkehr der früheren veranlaſſenden Urſache hebt auch die Folgenerſcheinungen derſelben. Alle dieſe Leiden finden ſich bei Weitem häufiger bei Frauen als bei Männern.

Beiſpiele der Art ſind geſammelt in: H. Mayo Grundriss der speciellen Pathologie. Uebersetzt von Amelung. Athl. I. Darmstadt, 1838. 8. S. 181 fgg. B. C. Brodie Vorlesungen über örtliche Nervenleiden. Aus dem Englischen von Kürschner. Marburg, 1838. 8. S. 9 fgg. G. Hirsch Beiträge zur Erkenntniss und Heilung der Spinal-Neurosen. Königsberg, 1843. 8. S. 77 fgg. u. 131 fgg.

Das noch gegenwärtig in der Phyſiologie und vorzüglich der praktiſchen Medicin herrſchende Beſtreben, eine Reihe von Einflüſſen auf die Erſcheinungen des Stoffwandels dem Nervenſyſteme ohne hinreichenden Grund zuzuſchreiben, hat auch hierher die meiſten ſogenannten Sympathien der Organe oder Gewebe gezogen. Allein die Mehrzahl dieſer Phänomene läßt ſich entweder ſicherer aus anderen rein materiellen Urſachen herleiten oder wenigſtens nicht mit irgend beweiſenden Gründen als Wirkungen der Nerventhätigkeit darſtellen. Zuvörderſt greifen hier zwei Haupthebel, nämlich die Mittheilung des krankhaften Zuſtandes an benachbarte Theile und das ſchon (§. 138) erörterte Geſetz des organiſchen Gleichgewichtes auf eine ſehr weſentliche Weiſe ein. Auf dieſe Art pflanzen ſich Entzündungen und deren Folgen längs der Haut, der Schleimhäute, des ſubcutanen Zellgewebes, der ſeröſen Häute, der Lymphgefäße u. dgl. fort, oder theilt ſich der krankhafte Zuſtand einer Schleimhaut einer benachbarten Drüſe, der des Perioſtes der Markmembran des Knochens u. dgl. mit. Alle dieſe Contactſympathien werden keineswegs, ſo viel wir bis jetzt wiſſen, durch das Nervenſyſtem veranlaßt. Das Gleiche gilt von den antagoniſtiſchen Verhältniſſen, welche z. B. zwiſchen der äußeren Haut und den Schleimhäuten Statt finden. Sie bilden nur den Ausdruck der Störung des organiſchen Gleichgewichtes und haben ihre bedingende Urſache weder in den centralen, noch in den peripheriſchen Theilen der nervöſen Apparate.

Eine andere Reihe von Sympathien von Organen ſind uns noch gänzlich dunkel und bleiben es vorläufig noch, wenn man ſelbſt die durch nichts bewieſene Beihilfe des Nervenſyſtemes in Anſpruch nehmen will. Hierher gehören z. B. die Beziehungen der Geſchlechtstheile zu den Brüſten, der Schild- und der Ohrſpeicheldrüſe.

Eine ausführliche kritiſche Betrachtung der ſogenannten Nervenſympathien hat Henle in ſeinen Pathologischen Untersuchungen. Berlin, 18.0. 8. S. 83—165. geliefert.

1556 **Beziehungen der Centraltheile des Nervenſyſtems zu den Ernährungserſcheinungen.** — Die Zerſtörung der Centraltheile des Nervenſyſtemes hebt den Kreislauf der Fröſche nicht auf. Schneidet man z. B. das Rückenmark zwiſchen dem zweiten und dritten Wirbel durch und zermalmt es mit einem Drahte bis an ſein hinteres Ende, ſo geräth die Circulation im Anfange in Unordnung und ſtockt auch wohl in den meiſten Capillaren der Schleimhaut, während das Blut in einzelnen Gefäßchen pulſatoriſch, in anderen langſam, aber continuirlich fortrückt. Hat ſich dagegen das Thier einige Zeit erholt, ſo gelingt es nicht ſelten, den Kreislauf in ſeiner vollkommenen Lebhaftigkeit zu beobachten.

1557 Zerſtört man das geſammte centrale Nervenſyſtem eines Froſches, ſo verlieren zwar die Herzſchläge an Kraft und werden bisweilen unregelmäßig und ausſetzend. Dennoch zeigen die Schwimmhäute einen mehr oder minder vollſtändigen Kreislauf mehrere, bisweilen ſelbſt bis 36 Stunden und länger nach dem Tode. Zermalmt man einerſeits das Gehirn und anderſeits das Rückenmark von dem zweiten Wirbel an, ſo daß nur der zwiſchen dem erſten und dem zweiten Wirbel befindliche Theil des centralen Nervenſyſtems unverſehrt bleibt, ſo kann die Circulation in dem auf dieſe Art verſtümmelten Froſche 10 Wochen lang anhalten (**Bidder**)[1].

1558 Es verſteht ſich von ſelbſt, daß ſich die Verhältniſſe der Abſonderungen nach denen des Kreislaufes richten müſſen. Iſt er zu ſchwach, ſo werden wenigſtens keine bedeutenderen Mengen von Secret geliefert. Ich zerſtörte z. B. das geſammte centrale Nervenſyſtem eines Froſches und öffnete den Unterleib, um den Zuſtand der Blaſe kennen zu lernen. Sie war zuſammengefallen und klein. Nun wurde die Bauchhöhle zugenäht. Die ſchon ſehr geſchwächte Circulation erhielt ſich noch 7 Stunden. Allein während dieſer Zeit war wenigſtens keine erhebliche Menge von Urin herabgekommen. Zermalmt man dagegen das centrale Nervenſyſtem, mit Ausnahme der zwiſchen dem erſten und dem zweiten Wirbel gelegenen Parthie deſſelben, ſo findet man bisweilen die Urinblaſe, wenn der Kreislauf noch einige Wochen gedauert, ſtrotzend mit Harn gefüllt und in hohem Grade von ihm ausgedehnt[2].

1559 Krankheitsbeobachtungen am Menſchen führen zu demſelben Reſultate. Iſt auch die untere Hälfte des Rückenmarks dergeſtalt zerſtört, daß nicht nur die unteren Extremitäten und die Ausgänge der Blaſe und des Maſtdarmes vollkommen gelähmt ſind, ſondern auch alle Reflexerſcheinungen mangeln, ſo dauert doch die Harnſecretion fort. Der Darmkanal und die Gebärmutter liefern ihre Schleimſecrete, die Nieren ihren Harn, der Hoden ſeinen Samen. Wo Blut durch eine Drüſe ſtrömt, muß Abſonderung Statt finden. Schneiden wir eine Niere z. B. aus und ſpritzen laues Waſſer in die A. renalis hinein, ſo ſchwitzt es ebenfalls exosmotiſch in die Harnkanälchen durch. Der gleiche Verſuch gelingt auch ſehr gut an der Ohrſpeicheldrüſe des Pferdes.

---

[1]) Müller's Archiv, 1844. S. 361 fgg.

[2]) Ebendaſelbſt S. 375.

Volkmann [1]) ſuchte auch die hierher gehörenden Erfahrungen von Bidder als Beweiſe der Selbſtſtändigkeit des Sympathicus zu betrachten. Der letztere Forſcher nämlich zerſtörte bei Fröſchen das geſammte centrale Nervenſyſtem mit Ausnahme desjenigen Theiles, welcher zwiſchen dem erſten und zweiten Wirbel liegt, und fand dann, daß die ſo verſtümmelten Thiere Wochen lang ihren Kreislauf behielten und ſich ihre Harnblaſe mit Urin füllte. Alſo, ſchließt Volkmann, gehen dieſe Proceſſe ohne das centrale Nervenſyſtem vor ſich und ſind daher von dem Sympathicus abhängig, erhärten mithin die Selbſtſtändigkeit des letzteren von phyſiologiſchem Standpunkte aus. Das Unlogiſche dieſer Schlußweiſe ergiebt ſich aber aus mehreren Momenten von ſelbſt:

1) Könnten die angeführten Thatſachen, wenn man wollte, gerade das Umgekehrte von dem, was Volkmann aus ihnen ableitet, wahrſcheinlich machen. Läßt man den im erſten bis zweiten Wirbel liegenden Theil des centralen Nervenſyſtems unverſehrt, ſo bleiben der Vagus und die Athemnerven (der erſte Halsnerv des Froſches) mit dem verlängerten Marke verbunden. Die centralen Parthien bewirken die wochenlange Fortdauer des Herzſchlages, ſo wie ſie ſelbſt umgekehrt durch das Blut belebt werden. Zerſtört man auch das ganze centrale Nervenſyſtem, ſo erhält man dieſe Reſultate nicht. Gleichwie das ausgeſchnittene Froſchherz (oder das Zwerchfell der Säugethiere) 24 — 36 Stunden und länger nach dem Tode fortpulſiren kann, ſo habe ich auch eben ſo lange den Kreislauf, vorzüglich in den Schleimhautſtücken der kleineren Zehen fortdauern ſehen. Später ſtand er ſtill. Dieſe Reſultate blieben ſich ganz gleich, ich mochte nur Gehirn und Rückenmark vollſtändig zermalmt oder noch die beiden Grenzſtränge des Sympathicus mit Schonung der benachbarten Gefäßſtämme exſtirpirt haben [2]).

2) Iſt die Fortdauer der Abſonderung und Ernährung eine unmittelbare Folge des Kreislaufes und weiter nichts. Es läßt ſich in dieſer Beziehung ebenfalls ſagen: gebet mir ein gehörig pulſirendes Herz, und das allgemeine Auftreten aller vegetativen Erſcheinungen iſt eine unabweisliche Nothwendigkeit. Das Nervenſyſtem ſpielt hier, wenn man von der durch das centrale Nervenſyſtem bedingten längeren Unterhaltung des Herzſchlages abſtrahirt, gar keine Rolle. Iſt es aber logiſch geſchloſſen, wenn man ſagt, daß nur aus dem Grunde, weil das centrale Nervenſyſtem die allgemeinen Erſcheinungen des Kreislaufes, der Abſonderung und Ernährung nicht beſtimme, der Sympathicus dieſe Proceſſe in der eben erwähnten Art beherrſchen müſſe? Iſt etwa die Selbſtſtändigkeit dieſes Nerven die Urſache, daß in die Blutgefäße der Parotis eines getödteten Pferdes injicirtes Waſſer in die Drüſencanäle durchſchwitzt und endlich durch die Mündung des Ductus thoracicus ausläuft? Oder hängen vielleicht auch die hydrauliſchen Erſcheinungen und andere phyſikaliſche und chemiſche Proceſſe, welche in den Pflanzen in ähnlichen allgemeinen Grundzügen wiederkehren und ſich an todten Theilen wiederholen laſſen, von dem organiſchen Nervenſyſteme ab? Man ſieht leicht, daß die nicht klar aufgefaßte Sympathicusidee, wo man ſie auch angreift, zu ferneren widerſprechenden Conſequenzen führt.

Die Specialeinflüſſe, welche die Zerſtörung der Centraltheile des 1560
Nervenſyſtems auf die Ernährungserſcheinungen ausüben, ſtimmen, ſo viel man bis jetzt weiß, mit denen, welche die Verletzung der entſprechenden peripheriſchen Nerven veranlaßt, im Weſentlichen überein. Sie reduciren ſich daher auf zwei Hauptpunkte: 1) verlieren die Theile die Kraft, äußern ſie treffende Schädlichkeiten in ſo bedeutendem Maaße, wie geſunde zu widerſtehen und 2) ruft der Mangel an Uebung, welcher eine Folge der motoriſchen Lähmung darſtellt, mit der Zeit eine mehr oder minder örtliche Atrophie neben dem bisweiligen Schwinden der Reizbarkeit und den Macerationsentartungen der Muskelfaſern (§. 663) hervor. Die Muskeln werden dünner und erblaſſen, und der geſammte Ernährungsproceß ver-

---

[1]) Müller's Archiv. 1844. S. 360. 61.

[2]) Vergl. auch J. R. Urech De vi et effectu, quem Nervorum cerebrospinalium et sympathicorum sectio in sanguinis circulationem et resorptionem habeat. Turici, 1837. 8. p. 26 fgg.

mindert ſich, ſo wie der Kreislauf eines nicht gehörig gebrauchten Theiles ſchwächer wird. Beiderlei Momente ſind aber natürlich den äußeren Verhältniſſen gemäß variabel, und ſo kann es kommen, daß das eine Thier, deſſen centrales Nervenſyſtem zum Theil zerſtört worden, ſtärkere Ernährungsfolgen als ein anderes darbietet. Eigenthümliche ſpecifiſche Wirkungen ſind in dieſer Beziehung nicht beobachtet worden. Denn die ſpäter noch zu erwähnenden Einflüſſe, welche die Zerſtörung des Balkens und des Gewölbes auf die Abſonderungen der Galle und des Darmes ausübt, bilden wahrſcheinlich auch nur die Conſequenzen der veränderten motoriſchen Verhältniſſe der entſprechenden Abſonderungswerkzeuge. Eben ſo ſoll die Durchſchneidung des Rückenmarkes in der Gegend der oberſten Halswirbel nach Magendie dieſelbe Zerſtörung des Auges wie die Verletzung des N. trigeminus zur Folge haben.

Halten wir uns zunächſt wiederum an die Fröſche, welche die Zermalmung größerer Parthien des centralen Nervenſyſtems längere Zeit überleben, ſo werden wir die Beſtätigung des oben Erwähnten in jeder Beziehung vorfinden. Pflegt man verſtümmelte Thiere der Art ſehr ſorgfältig, hält ſie auf feuchten Raſen und in keinen größeren Mengen von Flüſſigkeiten, beſprengt ſie täglich mit friſchem Waſſer und ſucht ſie überhaupt wo möglich in ſolche Verhältniſſe günſtigſter Art, wie im geſunden Zuſtande zu verſetzen und die indirecten Folgen der Lähmung und der nachtheiligen äußeren Einflüſſe, ſo ſehr es angeht, zu entfernen, ſo fehlen natürlich auch die heftigeren Folgen des Mangels geſtörter Widerſtandskraft. Nur die Muskeln erſcheinen ſchlaff und blaß und verlieren nach und nach ihre Reizbarkeit. Allein auch dieſes ließe ſich ohne Zweifel zum größten Theile verhüten, wenn man ſie täglich durch Einleitung eines galvaniſchen Stromes üben wollte. Die ſorgſame Pflege entfernt einen großen Theil der ſchädlichen Einwirkungen und giebt mithin der verminderten Widerſtandskraft der Theile weniger Veranlaſſung, ſich mit fremdartigen Flüſſigkeiten zu durchtränken, den Kreislauf der gelähmten Organe durch hindernde Verhältniſſe in Stockung zu bringen, ihnen auf dieſe Art ihre Erhaltungs- und Wiederherſtellungsfähigkeit zu nehmen und eine tiefer greifende Maceration eintreten zu laſſen. Dieſes war z. B. bei den meiſten von Bidder [1]) angeſtellten Verſuchen der Fall.

Anders geſtalten ſich dagegen die Reſultate, wenn man die Fröſche in einem Glaſe, deſſen Boden mit Waſſer gefüllt iſt, aufbewahrt hat. Schon geſunde Wetterfröſche, welche längere Zeit unter dieſen Verhältniſſen aufbewahrt werden, bieten oft die Erſcheinung dar, daß ſich größere iſolirte Lappen von losgeſtoßenen Epithelialſtücken in der Flüſſigkeit vorfinden. An vielen friſch eingefangenen Fröſchen ſind einzelne Zehen verletzt oder zum Theil defect. Allein alle dieſe Ernährungsſtörungen bieten keine ſo hohen Grade dar, wie ſie bei Thieren vorkommen können, denen ein Theil des centralen Nervenſyſtemes zermalmt wurde und die dann in Waſſer, das man alle Tage oder wenigſtens immer nach einigen Tagen wechſelte, aufbewahrt worden ſind.

1) Durchſchnitt ich bei einem Froſche die vorderen Nervenwurzeln des rechten Hinterbeines und ließ ihn dann in einem Glaſe mit Waſſer, ſo daß die obere Hälfte ſeines Körpers aus der Flüſſigkeit herausragte, ſo infiltirte ſich ſchon die gelähmte Extremität am dritten Tage, während die geſunde keine Spur der Erſcheinung zeigte. Die Haut vorzüglich des Unterſchenkels und Fußes ſchwillt dann auf, indem ſich das Fluidum zwiſchen ihr und der blaß ausſehenden Muskulatur anſammelt. Dieſe Veränderung findet ſich auch ſehr häufig bei Fröſchen, denen der N. ischiadicus zerſchnitten wurde und die in ähnlichen Verhältniſſen aufbewahrt worden ſind. Hat die Infiltration tief eingegriffen, ſo löſt ſich häufig die Oberhaut in großen Strecken gleich einem Handſchuhe los. Weitere Zerſtörungen habe ich bis jetzt nicht beobachtet. Daß ſich aber auch hier die von Stilling [2]) genauer verfolgte Confervenbildung wiederholen könne, verſteht ſich von ſelbſt.

---

[1]) Müller's Arshiv. 1844. S. 361—80.
[2]) Müller's Archiv. 1841. S. 281 fgg.

2) Die bloße Durchſchneidung der hinteren Wurzeln ſcheint weniger einzugreifen, weil die Bewegungen des Gliedes unter dem Einfluſſe des Willens bleiben und nur ſecundär durch den Mangel des Taſtgefühls beeinträchtigt werden. Oft fehlen alle von dem geſunden Zuſtande abweichende Erſcheinungen.

3) Die oben erwähnte Infiltration der hinteren Extremitäten erreichte bei Fröſchen, denen drei Wochen vorher das Rückenmark in der Gegend des vierten Wirbels durchſchnitten worden war, einen ſehr hohen Grad. Die Epithelialabſchuppung derſelben war ſehr bedeutend und die Muskeln erſchienen auf auffallende Weiſe erblaßt. Dieſe Verhältniſſe erklären ſich daraus, daß ſolche Thiere wenige Reflexbewegungen ihrer Hinterbeine vorzunehmen Veranlaſſung finden.

4) Legte ich die untere Hälfte des Rückenmarkes bloß und theilte es der Länge nach in zwei ſeitliche Hälften, ſo hatten die Fröſche weder die Empfindung noch die Bewegung der Hinterbeine ſelbſt nach zwei bis drei Monaten verloren. Nur zeigten ſie ſich häufig bei dem Springen ungeſchickt, ſo daß ſie leicht fielen und, auf dem Rücken liegend, mehr Mühe hatten aufzuſtehen. Auffallend war mir dabei die ſogleich in die Augen ſpringende Abmagerung der Muskeln der Hinterbeine [1], während jede Spur einer krankhaften Infiltration derſelben mangelte.

5) Eine gänzliche Zerſtörung des hinteren Theiles des Rückenmarkes hat bisweilen nur ähnliche Folgen, wie die Trennung der beiderlei Nervenwurzeln, nämlich Infiltration, ſtärkere Epidermidalabſchuppung und ſelbſt Zerſtörung der Zehen [2]. Dagegen beobachtete ich in einem Falle durchgreifendere Wirkungen. Der Froſch war in einem großen, inwendig glatten und an ſeinem Boden mit etwas Waſſer bedeckten Glasgefäße aufbewahrt worden. Die Hinterbeine wurden innerhalb acht Wochen dergeſtalt zur Maceration gebracht, daß ſich die Muskeln, die Bänder und die Sehnen der Füße von ſelbſt loslöſten und die Knochen wie präparirt bloßlagen. Die Auflöſung ſchritt dann an den Unterſchenkeln ſo lange fort, bis die Tibia allein neben einzelnen Lappen der Weichgebilde übrig blieb. Elf Wochen nach der Operation war das Thier noch munter und bewegte die vordere Hälfte ſeines Körpers ſehr lebhaft. Die Rückenwunde erſchien vernarbt. Ein Wall hatte ſich an der Grenze des entblößten Knochens gebildet. Exarticulirte ich nun die linke Tibia, ſo floß kein Blut aus, und der Amputationsſtumpf ſchloß ſich innerhalb einer Woche. Dagegen exiſtirte keine Infiltration an den beiden verfaulenden Extremitäten, weil natürlich die Unterhauträume freie Ausgänge genug hatten. Nachdem das Thier 14 Tage nach der Entfernung der Tibia geſtorben war, erſchienen die Muskeln der Hinterbeine ſehr blaß und zeigten Faſern, wie ſie ſich in Folge der Maceration ebenfalls darſtellen, d. h. mit vorherrſchenden Längsfäden und undeutlichen oder gänzlich unkenntlichen Querſtreifen.

So viel wir alſo bis jetzt wiſſen, übt die Zerſtörung der Centraltheile des Nervenſyſtemes keinen eigenthümlichen, nur ihnen zukommenden Einfluß auf die Ernährungserſcheinungen aus. Die Folgen, welche zu Stande kommen, gleichen auch mehr oder minder denen, welche nach der Verletzung der entſprechenden peripheriſchen Nerven auftreten und reduciren ſich auf den Mangel an Uebung gelähmter Theile und wahrſcheinlich auf die Veränderung der Poroſität, ſo wie vielleicht auch der Reflexthätigkeiten der Blutgefäße, der Drüſengänge und der anderen contractilen Gebilde. Es läßt ſich theoretiſch annehmen, daß auch die letzteren Momente die Beſchaffenheit der Abſonderungen verändern können. Hierfür ſpricht z. B. ſchon der Krampfurin, die Modification des Speichels nach Gemüthsbewegungen, der Schweiß, welcher bei der Angſt hervortritt, das Ausbleiben der Menſtruation und die Verderbniß der Milch nach Aerger u. dgl. (§. 1470). Wenn aber Menſchen mit Rückenmarksverletzungen und Lähmungen der unteren Extremitäten, der Harnblaſe und des Maſtdarmes einen ſehr ammoniakhaltigen Urin darbieten, ſo giebt dieſes keinen Beweis für den directen Einfluß des centralen Nervenſyſtems auf den chemiſchen Proceß der Urinabſonderung, weil ſich auch das Ammoniak durch Selbſtzerſetzung des Harnſtoffes in der Blaſe erzeugt haben kann (§. 126).

Endlich gehört wahrſcheinlich hierher eine Gruppe von Erſcheinungen, 1560
die man mit dem Namen der **Ernährungsreflexe** zu bezeichnen ver-

---

[1] De functionibus nervorum p. 156. [2] Vgl. auch **Stilling** a. a. O. S. 287.

mag. Es können ſich nämlich die Kreislaufs- und Abſonderungsverhältniſſe gewiſſer Organe nach der Affection entfernter Theile verändern. Belege hierfür geben z. B. die blauen Ringe um die Augen, welche bei menſtruirenden Frauen auftreten, das gleiche Phänomen, die Bläſſe des Geſichts, die vermehrte Abſonderung des Naſen- und Stirnhöhlenſchleimes, der Talgdrüſen an und neben den Naſenflügeln, welche viele Menſchen nach vollzogenem Beiſchlafe oder Onaniſten darbieten. Die genauere Erklärung dieſer Erſcheinungen muß vorläufig dahingeſtellt bleiben.

1561 Stimmungszuſtände des centralen Nervenſyſtemes. — Wir haben früher geſehen, daß der durchſchnittene Ischiadicus des Froſches eine Zeit lang ſein Vermögen, die Muskeln des Fußes zuſammenzuziehen, beibehält. Er verliert aber dieſe Kraft nach und nach und zwar in centrifugaler Richtung, ſobald nicht die gelähmte Extremität durch die tägliche Einleitung galvaniſcher Ströme geübt wird. Jenes Sinken der Reizbarkeit iſt mit materiellen Veränderungen des Nerveninhaltes, der endlich zuletzt gänzlich verſchwindet, verbunden. Die Erſcheinungen, welche das centrale Stück darbietet, ſind mannichfacher. Die Nervenfaſern verhalten ſich oft, wie man auch ſehr häufig an denen der Stämme von Amputationsſtümpfen ſehen kann, vollkommen normal. Bisweilen jedoch findet man auch einzelne, welche dieſelbe Metamorphoſe wie die peripheriſchen erleiden. Es läßt ſich mit Recht vermuthungsweiſe annehmen, daß ſie den unthätigen peripheriſchen Faſern entſprechen.

1562 Sehen wir aber deutlich, daß materielle Desorganiſationen und Abnahme der Reizempfänglichkeit oder Veränderungen der Stimmung in dieſen Fällen Hand in Hand gehen, ſo läßt ſich auch mit Recht hypothetiſch annehmen, daß die gleiche Verbindung in dem centralen Nervenſyſteme Statt findet. Wir finden auch in der That häufig, daß ſich z. B. die Atrophie des Sehnerven eines vor Jahren erblindeten Bulbus bis in den Sehhügel erſtreckt. Allein wenn wir die Zartheit und höchſt leichte Veränderlichkeit der centralen Nervenkörper und Primitivfaſern im Auge behalten, ſo muß es uns klar werden, daß hier viele Geſtalt- und Stoffveränderungen, deren Zartheit jedes mikroſkopiſche oder chemiſche Studium verſpottet und die ſich eben nur durch die Abweichung des Stimmungszuſtandes im Leben zu erkennen geben, eintreten können. Es darf uns daher nicht wundern, wenn wir z. B. bisweilen keine materiellen Metamorphoſen in dem Gehirn oder Rückenmark von Hyſteriſchen, von vielen Bleivergifteten, ja ſelbſt von Gelähmten mit Sicherheit nachweiſen können.

Die gewöhnliche Unterſuchung mit freiem Auge findet im Ganzen nur zweierlei Veränderungen, nämlich ſolche der Blutverſorgung oder der Conſiſtenz, d. h. Congeſtion oder Extravaſat und Erweichung oder Erhärtung. Was die letztere und die ſogenannte Vertrocknung der Gehirnmaſſe, z. B. nach Bleivergiftungen betrifft, ſo ſind ſolche Angaben immer nur mit dem höchſten Mißtrauen aufzunehmen, wenn nicht gänzlich zurückzuweiſen. Wo nicht Exſudate, Tuberkeln, Faſergebilde u. dgl. eine beſondere Stelle des Gehirns oder Rückenmarks hart erſcheinen laſſen, hört jeder ſichere Nachweis, ſo viel ich bis jetzt ſah, vollkommen auf. Die gleiche ſtrenge Kritik muß ſich aber auch auf die Erweichungen und Congeſtionen erſtrecken. Wir ſtehen rückſichtlich der erſteren nur dann auf feſtem Boden, wenn ſich die Verminderung der Conſiſtenz mit einer mehr oder minder röthlichen Färbung verbindet und die die letztere verurſachenden zelligten Ausſchwi-

tzungsproducte unter dem Mikroſkope nachgewieſen werden können oder eine iſolirte Stelle vollkommen rahmartig zerfloſſen iſt, während die benachbarten, denſelben äußeren Verhältniſſen ausgeſetzten Maſſen die gewöhnliche Conſiſtenz darbieten. Sind aber in dieſer letzteren Beziehung Zweifel vorhanden, ſo iſt in der Regel das Mikroſkop, wie bei den Congeſtionen, außer Stande, dieſelben zu beſeitigen.

Die Stimmungszuſtände des centralen Nervenſyſtems können auf 1563
doppelte Art einwirken. Da erſt die Nervenkörper die Größe und Art der Empfindung und Bewegung feſtſtellen, ſo muß die Qualität ihrer Wirkung und der der entſprechenden Nerven von ihrem bleibenden Reizbarkeitsverhältniſſe abhängen. Indem ſie aber zugleich die gegenſeitige Verbindung und Gruppirung der ihnen untergeordneten Thätigkeiten leiten, reguliren ſie noch die Stärke und Ausdehnung der nach beſtimmten Einflüſſen auftretenden Reaction. Beiderlei Momente greifen häufig gleichzeitig im geſunden wie im kranken Zuſtande ein. Sie bedingen die in der Medicin ſogenannten Zuſtände der Spinal- und der Gehirnirritation.

Das centrale Nervenſyſtem wird wahrſcheinlich die Bedingung in 1564
ſich enthalten, weshalb der Sehnerv nur das Sehen, der Hörnerv einzig und allein das Hören, die motoriſchen Primitivfaſern die Bewegung und keinen Schmerz veranlaſſen. Denn die Structur des peripheriſchen Nerven oder die Exiſtenz oder Abweſenheit der Ganglien giebt hiervon, wenigſtens nach den bisherigen Studien, keine genügende Rechenſchaft. Die verſchiedenen Gefühle des Kitzels, der Wolluſt, des Schmerzes u. dgl. müſſen ebenfalls durch die Elemente des centralen Nervenſyſtems zu Stande kommen. Man iſt zwar häufig noch gewohnt, die Wolluſtempfindungen mit den Ganglien und dem Sympathicus in Beziehung zu bringen. Allein die Majorität der Nerven des männlichen Gliedes und der Scheide rührt von einfachen Cerebroſpinalſtämmen her. Eben ſo kann ein Wolluſtgefühl bei dem Kitzeln anderer Hautſtellen, z. B. der Achſelhöhle, der Fußſohle, eines juckenden Ausſchlages am Knie hervortreten. Es bildet vielmehr wahrſcheinlich nur eine unter gewiſſen Bedingungen der Reibung hervorgerufene Modalität der Thätigkeit der Centraltheile, für welche die den Geſchlechtsnerven entſprechenden Nervenkörper eine beſondere Empfänglichkeit beſitzen oder dieſelbe durch unbekannte Nebeneinrichtungen erhalten.

Ob etwas Aehnliches von den Nerven derjenigen Theile, deren ſenſible Eindrücke nicht zum Bewußtſein gelangen, gelte, bleibt dahingeſtellt. Denn die Primitivfaſern des Herzens, der Lungen, des Darmcanales, der Nieren u. dgl. gehen durch zahlreiche peripheriſche Ganglien hindurch, ſo daß man dieſe mit vieler Wahrſcheinlichkeit als Hemmungsapparate der ſelbſtbewußten Regungen anſieht. Die Art aber, durch welche dieſe Effecte zu Stande kommen, iſt noch gänzlich unbekannt.

Beſchränkte ſich dieſe Hemmung nur auf die ſenſiblen Eindrücke, ſo ließe ſich annehmen, daß das Aequivalent des ſenſiblen Reizes, indem es durch die Ganglien hindurchginge, leichter beſtimmt würde, in dem centralen Nervenſyſteme auf die Ganglienkugeln der motoriſchen Nerven überzuſpringen. Ein mäßiger ſenſibler Reiz, der z. B. den Darm trifft, käme nicht zum Bewußtſein, weil er nicht bis zum Gehirn gelangt, ſondern ſchon früher auf die motoriſchen Erreger gänzlich übergeht und Reflexbewegungen erzeugt. Das unbewußte Fortſchieben der Nahrungsſubſtanzen in dem dünnen Gedärme fände auf dieſe Art ſeine Erläuterung. Wirkt aber ein ſtärkerer Reiz ein, ſo tritt nur

ein Theil auf die motoriſchen Nervenkörper über, während ein anderer zum Gehirn gelangt. Daher die Bauchzweige des Sympathicus geringe Reize unbeantwortet laſſen, ſtarke dagegen mit Schmerz gleich einem freien Cerebroſpinalnerven erwiedern.

Dieſe Hypotheſe ſtößt jedoch auf weſentliche Schwierigkeiten, weil zugleich die Bewegungen der Eingeweide von dem directen Einfluſſe des Willens emancipirt ſind und hier eine ähnliche Erklärung natürlicher Weiſe nicht angeht.

1565 Die zweckmäßige Gruppirung der Bewegungen muß ebenfalls in dem centralen Nervenſyſteme ihr potentielles Vorbild beſitzen. Wenn einzelne Rückenmarksleiden mit anhaltender Beugung, andere mit fortdauernder Streckung der Extremitäten verknüpft ſind, wenn die Extenſion derſelben den Starrkrampf, wie er z. B. nach Verwundungen auftritt, charakteriſirt, wenn eine beſtimmte Reihe von Muskeln nach einer gewiſſen Zweckmäßigkeitsberechnung bei jeder Stuhl- oder Urinentleerung in Thätigkeit geſetzt werden und dieſe Erſcheinungen auch nach der Zerſtörung der Sitze der Willenseinwirkung, des großen und des kleinen Gehirns fortdauern können, nach der des verlängerten Markes und des Rückenmarkes dagegen aufhören, ſo muß der Prototyp der zweckmäßigen Verbindung in einer gewiſſen Anordnung der Elemente des centralen Nervenſyſtems oder einer functionellen Verkettung derſelben oder beiderlei Momenten zugleich liegen. Daſſelbe gilt von den motoriſchen Synergien, welche die paſſenden Stellungen der Augen, das Sprechen, das Schlucken u. dgl. bedingen. Die meiſten Thätigkeiten, welche wir, wie man ſagt, inſtinctmäßig ausüben, beruhen unzweifelhaft auf beſtimmten Vorbildern, welche durch die Einrichtungen und Kräfte des centralen Nervenſyſtems gegeben ſind. Die Natur konnte ſie nicht unſerem Willen anvertrauen, weil uns die nöthige Einſicht zu den unerläßlichen zweckmäßigen Combinationen mangelt. Wie z. B. eine Drehorgel, je nachdem ſie in dieſer oder jener Weiſe eingeſtellt worden, ihr beſtimmtes Lied von ſelbſt ſpielt, ſo bedarf es nur des geringſten Impulſes des Willens oder anderer Eindrücke, damit eine potentiell im centralen Nervenſyſtem vorgebildete Bewegungsgruppe functionire.

Sind einzelne Punkte des centralen Nervenſyſtems erkrankt, ſo hört auch das entſprechende zweckmäßige Muskelſpiel auf. Belege hierfür geben uns z. B. Halbgelähmte, welche ihre unteren Extremitäten bei dem Gehen nicht regelrecht beugen und ſtrecken, ſondern in einem Halbbogen herumſchwenken, und viele Kranke mit Alpdrücken, Aſthma, Dysphagie, Iſchurie u. dgl. Gemüthsbewegungen können ebenfalls jene regelrechten Combinationen ſtören. Daher das Stottern verlegener, das leichte Umfallen in Angſt gerathener Perſonen u. ſ. w.

1566 Ein zu geringer Grad von Empfänglichkeit oder die theilweiſe Lähmung eines Organes vermindert nach und nach die ſenſiblen Eindrücke. Individuen mit Halblähmung z. B. können nicht mehr nähen, weil ſie die kleine Nadel nicht deutlich fühlen, ſind aber noch im Sande zu ſtricken oder gröbere Handarbeit zu verrichten. Hier oder bei direct erhöhter Receptivität können noch unangenehme Empfindungen durch pſychiſche oder materielle Veranlaſſungen, welche bei dem Geſunden erfolglos bleiben oder wenigſtens nicht in dem Grade aufregen, entſtehen. Die beſten Beweiſe hierfür liefern Hypochondriſten und vorzüglich Hyſteriſche,

welche auf ſolche Art ihre Beſchwerden dem Geſetze der peripheriſchen Wirkung entſprechend im Magen, dem Unterleibe, dem Halſe, den Extremitäten, mit einem Worte an den verſchiedenſten Punkten des Körpers wahrnehmen. Nervenverſtimmte Frauen leiden bisweilen Jahre lang an anhaltenden Schmerzen in einem Gelenke oder an ſcheinbarer Lähmung. Kein Mittel hilft, bis ſie endlich plötzlich ein entſchiedener Willensentſchluß, eine heftige Gemüthsbewegung, ein Schreck, der feſt eingewurzelte Aberglaube an irgend ein indifferentes Mittel für immer oder für einige Zeit heilt. Nicht ſeiten erregt ein Stich in eine neuralgiſche Extremität Schmerzen in dem ganzen Gliede. Das Gefühl der Abgeſchlagenheit bei Fiebern gehört gewiſſermaßen ebenfalls zu dieſen Excitabilitätserhöhungen, welche mit einer abſoluten Erniedrigung der Kraftgröße des Nervenſyſtems verbunden ſind.

Das Gleiche wiederholt ſich in Betreff der Bewegungserſcheinungen. 1567
Hyſteriſche leiden an Zuckungen der Geſichtsmuskeln, krampfhaften Zuſammenſchnürungen im Schlunde (Globus hystericus), Aufblähungen und ſpaſtiſchen Bewegungen im Magen und den Gedärmen und allgemeinen Krampfanfällen. Perſonen mit Erſchöpfung des Nervenſyſtems haben nicht Kraft genug, ihre Glieder eine Zeit lang frei und unbeweglich zu halten. Ihre Muskeln erzeugen ſtatt der beabſichtigten tetaniſchen Wirkung einen kloniſchen Zuſtand. Das Zittern des Kopfes, der Hände und der Füße ſehr alter Leute, Halbgelähmter, von Perſonen mit beginnender Hirnerweichung oder ſolcher, die durch Queckſilber, Silber, Gold, Jod und andere Metalle vergiftet worden, entſteht dann auf dieſe Weiſe. Iſt die Muskulatur längere Zeit in einem beſtimmten Zuſtande verblieben, ſo werden die Bewegungen erſchwert. Daher z. B. die Unannehmlichkeiten bei dem Gehen nach langem Sitzen.

Eine andere Folge der Reizbarkeitserhöhung der centralen Nerven- 1568
körper charakteriſirt ſich dadurch, daß die durch den Willen angeregten Muskelzuckungen über den Befehl des Geiſtes hinausgehen. Der Menſch kann z. B. ſeine Hand ruhig halten. Sie zittert aber, ſo wie er irgend eine Arbeit mit derſelben beabſichtigt, und z. B. das Schreiben, Zeichnen, Stricken wird nur unter fortwährenden Oscillationen der oberen Extremität möglich. Hierher gehört auch der ſogenannte Schreibekrampf, wo die Finger bei dem Schreiben, dem Clavier- oder Violinſpielen u. dgl. durch ihre unpaſſenden unwillkürlichen Stoßbewegungen oder ihre wiederholten kloniſchen Krämpfe jede Fortſetzung der Arbeit für den Augenblick unmöglich machen. Es zeigt ſich nicht ſelten, daß Kranke, welche an centraler Erweichung des Rückenmarkes leiden, mit Händen und Füßen um ſich ſchlagen, ſo wie ſie nur nach etwas greifen oder ausſchreiten wollen. Dieſe unwillkürlichen tumultuariſchen Auftritte dauern bisweilen halbe Stunden lang, ſo daß ſich ſolche Patienten vor der Ausführung des geringſten Befehles ihres Willens hüten, weil ſie nicht deren Folgen in ihrer Gewalt haben.

Eine größere Geneigtheit zu Reflexbewegungen kann zu ähnlichen 1569
Verhältniſſen Veranlaſſung geben. Hat man einen Froſch mit Opium,

Belladonna oder Strychnin vergiftet, ſo bedarf es nur zur Zeit der größten Empfänglichkeit einer leiſen Berührung oder des bloßen Anſchlagens an den Tiſch, um einen heftigen Anfall von extenſoriſchen Starrkrämpfen zu erzeugen. Etwas Aehnliches zeigt ſich bei Menſchen, die an Tetanus leiden. Die geringſte kitzelnde Berührung des Fußes reicht hin, um die ſpaſtiſche Streckung der hinteren Extremitäten hervorzurufen. Es giebt Gelähmte, welche z. B. ihr Bein nicht eine Linie in die Höhe heben können, es aber unwillkürlich 10 Minuten lang emporſchleudern und wieder fallen laſſen, ſobald man nur die Haut des paralytiſchen Gliedes gekneipt hat. Es wäre wohl möglich, daß die Anfälle von Veitstanz und ähnlichen Convulſionserſcheinungen, welche ſcheinbar plötzlich eintreten, auch nur Reflexphänomene, denen innere ſenſible Reizungen z. B. des Darmes zum Grunde liegen, darſtellen [1]).

1570 Endlich gehen noch wahrſcheinlich ſehr viele bleibende Contracturen, die meiſtentheils Flexionsſtellungen ſind, aus Störungen des centralen Nervenſyſtemes hervor. Sie müßten natürlich fehlen, ſobald alle peripheriſchen Nerven eines Gliedes verletzt ſind, und können z. B. nur auftreten, wenn die der Flexoren geſund, die der Extenſoren dagegen paralytiſch ſind. Da aber dieſe Gruppirung, wie wir geſehen haben, wenigſtens an vielen Stellen des Körpers erſt in dem centralen Nervenſyſteme vorgebildet und nicht in den peripheriſchen Stämmen wiederholt iſt, ſo ergiebt ſich von ſelbſt, daß dann die Urſache im Gehirn oder Rückenmark liegen müſſe. Während daher auch leicht ſolche Contracturen trotz mehrfacher Wiederholung der Myo- oder Tenotomie wiederkehren, ſcheint anderſeits eben die Vermittlung des centralen Nervenſyſtems manche andere hier beobachtete, jedoch noch eine fernere Prüfung erheiſchende Verhältniſſe zu bedingen. Stromeyer hob den Schreibekrampf mittelſt der Durchſchneidung der Sehne des Flexor longus pollicis, was jedoch Anderen, wie Dieffenbach, B. Langenbeck, nicht gelang. Ruete giebt an, daß ſich das Geſicht nach der Durchſchneidung des abnorm verkürzten Rectus externus nicht bloß optiſch, ſondern auch qualitativ verbeſſere. Endlich berichtet Breuning, daß er vollkommen gelähmte Glieder, welche in zarter Kindheit durch Krampfanfälle paralytiſch geworden (§. 1476), dadurch kräftig und brauchbar gemacht, daß er die ſchwach angeſpannten Unterſchenkelbeuger, wie den Biceps, Semitendinosus, Semimembranosus u. dgl. durchſchnitten habe. Sollten ſich dieſe Erfahrungen mit völliger Evidenz beſtätigen, ſo ließe ſich auf ſie die gleiche allgemeine Erklärung, wie ſie §. 1535 in Betreff der Reflexempfindungen gegeben worden, anwenden.

Es iſt uns noch völlig unbekannt, welche Einzelverhältniſſe die verſchiedenartigen Veränderungen der Stimmung des Nervenſyſtemes bedingen. Die hinreichende Zufuhr arterialiſirten Blutes bildet zuvörderſt bei dem Menſchen und den Säugethieren eine

---

[1]) Eine äußerſt gelehrte Zuſammenſtellung der Verhältniſſe ſolcher aus krankhaften Stimmungen der Centraltheile hervorgehenden unwillkürlichen Muskelbewegungen ſiehe in E. C. Wicke Versuch einer Monographie des grossen Veitstanzes und der unwillkürlichen Muskelbewegungen nebst Bemerkungen über den Taranteltanz und die Beriberi. Leipzig, 1844. 8.

Grundbedingung der regelrechten Thätigkeit deſſelben. Die Unterbindung der Bauchaorta z. B. ſchwächt bei Hunden die willkürliche Bewegung der Hinterbeine. Die Thiere können nicht ordentlich ſtehen oder ſinken ſelbſt mit dem Hintertheile ihres Körpers ein, ſchleppen die Füße bei dem Gehen nach und zeigen bisweilen ein automatiſches krampfhaftes Zittern der Muskeln (vergl. §§. 666 und 1338). Starker Blutverluſt, wie er z. B. nach Verwundungen, bei Operationen, bei Metrorhagien eintritt, ruft leicht Beängſtigungen des Athems, Uebelkeiten, Krämpfe und einſeitige Verziehungen der Geſichtsmuskeln, allgemeine Convulſionen, ſtille Delirien, Ohnmachten hervor. Iſt auch in der Regel die Unterbindung der einen Carotis communis mit keiner Lebensgefahr verknüpft, ſo kann ſie doch ſchon in unglücklichen Fällen Umnebelungen der Sinne, Hemiplegie, Schwäche der Geiſtesthätigkeiten, Sopor und binnen wenigen Tagen den Tod zur Folge haben. Jedoch hat Muſſey ſogar beide Carotiden des Menſchen ohne Nachtheil unwegſam gemacht.

Kaninchen ſterben meiſt ſogleich, ſo wie man ihre Carotiden und ihre Vertebralarterien mit Ligaturen umſchlungen hat. Hunde können auch noch zu Grunde gehen, wenn man ſelbſt ihre beiden Vertebralen einige Tage ſpäter als ihre Carotiden unterbindet. Dagegen gelang es A. Cooper, einen Hund am Leben zu erhalten, bei dem alle vier genannten Arterien unmittelbar nach einander zugeſchnürt worden waren. Es ſtellten ſich bald nach der Operation Convulſionen, Hemiplegie und Coma ein. Das Thier erholte ſich aber ſpäter dergeſtalt, daß es ſich nach drei Tagen auf dem Wege der Heilung befand.

Empfängt das Gehirn ein zu kohlenſäurehaltiges oder überhaupt ein zu dunkeles und kein hellrothes Blut, ſo wird das Bewußtſein getrübt. Es finden ſich Sinnestäuſchungen, Schwarzwerden vor den Augen, Ohrenklingen ein. Es erſcheinen Uebelkeiten, Schwindel, Neigung zum Schlaf und Betäubung. Die Athembewegungen verſtärken ſich und nehmen einen immer größeren Bereich von Muskeln in Anſpruch. Es entſtehen daher Verzerrungen der Geſichtsmuskeln, heftigere Bewegungen der Naſenflügel, Klappen der Kiefer, energiſchere Schläge der Bauchmuskeln, ſelbſt ein ungeſtümes Arbeiten mit den Extremitäten und nicht ſelten ein hoher Grad von Unruhe. Leitet die Erſtickung den Todeskrampf ein, ſo werden die Athemzüge ſeltener, aber tiefer, und wiederholen ſich bisweilen noch in verhältnißmäßig ſehr großen Zwiſchenräumen, wenn ſchon alle anderen äußeren Lebenszeichen verſchwunden ſind. Mittlerer Weile ſind auch in den letzten Lebensmomenten heftige Convulſionen der Extremitäten und des Rumpfes, Verzerrungen des Geſichtes, krampfhaftes Rollen der Augäpfel und unwillkürlicher Abgang von Urin und Stuhl eingetreten.

Die Fröſche dagegen zeigen keine ſo bedeutenden Folgen, wenn ihrem Nervenſyſteme die gehörige Blutzufuhr abgeſchnitten wird (vergl. oben S. 192). Hat man bei ihnen Herz und Eingeweide entfernt, ſo verhalten ſie ſich im Anfange nach Stilling [1]) ganz wie geſunde Thiere, hüpfen herum, ſpringen fort, ſchwimmen u. dgl. mehr. Sie werden aber nach und nach ruhiger, bleiben ſpäter auf derſelben Stelle ſitzen, reagiren immer weniger auf äußere Reize und verfallen endlich in eine Art von Schlummerſucht, welche ½ bis 2 Stunden nach der Operation in den Tod übergeht.

Eine weſentliche Veränderung der Stimmungszuſtände des centralen Nervenſyſtemes wird durch die Verabreichung einzelner narcotiſcher Gifte hervorgerufen. Hierbei iſt es, wie es ſcheint, gleichgültig, ob dieſe Subſtanzen durch Vermittelung des Blutes oder unmittelbar durch Capillaranziehung der Gewebe in das Innere der nervöſen Elemente gelangen. Das bewegte Blut bildet hiernach das geeignetſte Vehikel, um das Gift dem centralen Nervenſyſteme mitzutheilen. Stilling z. B. entfernte bei Fröſchen die ſämmtlichen Eingeweide, öffnete dann von oben her den Schädel und die Wirbelſäule und tropfte auf eine beliebige Stelle des ſo nicht mehr vom Blute durchſtrömten Rückenmarks eine geringe Menge einer Löſung von eſſigſauerem Strychnin. Es entſtanden ungefähr nach fünf Minuten eben ſo heftige Anfälle von Tetanus, wie bei unverletzten Fröſchen. Das Rückenmark konnte ſelbſt bis auf eine kleine Brücke durchſchnitten ſein, ohne daß ſich die Allgemeinheit des Reſultates veränderte.

Das Strychnin ſowohl als das Opium erregen einen ſolchen Stimmungszuſtand in

---

[1]) Stilling a. a. O. S. 40.

dem Nervenſyſteme des Froſches, daß die heftigſten Anfälle von Tetanus der Extremitäten in Folge der geringſten ſenſiblen Reize oder auch wohl von ſelbſt entſtehen. Sobald eine hinreichende Menge des Giftes ſeine Wirkungen ausgeübt, tritt eine Periode ein, in welcher die Starrkrämpfe ſehr raſch hinter einander und mit der größten Energie erſcheinen. Die Zeitintervalle werden aber größer und die tetaniſchen Phänomene ſchwächer, ſo wie die Doſis des Giftes oder überhaupt die Reizempfänglichkeit geringer iſt. Nach den Beobachtungen von Pikford [1]) erregen nur dann die ſenſiblen Reize, welche auf den Dünndarm ausgeübt werden, Reflexbewegungen der Extremitäten, ſobald man nicht auch das verlängerte Mark bei der Enthauptung entfernt hat. Durchſchneidung des Rückenmarks hebt die Krämpfe der Hinterbeine nicht auf, ſo lange noch die untere Parthie des centralen Nervenſyſtems dem Kreislaufe zugänglich iſt. Daſſelbe gilt von der Trennung der hinteren Nervenwurzeln, welche natürlich nur die Gelegenheit der Erzeugung der Reflexkrämpfe durch Hautreize unmöglich macht. Selbſt durch heftigen Druck der Hinterbeine können dann noch tetaniſche Krämpfe zum Vorſchein gebracht werden. Eben ſo ſind ſie ſogar im Stande, in einer Extremität aufzutreten, deren Hüftnerv durchſchnitten worden, ſobald nur der Kreislauf eine hinreichende Menge des Giftes zuführt. Eine Reihe von Specialverſuchen, welche ſich auf dieſe Verhältniſſe beziehen, finden ſich in: Stannius in Müller's Archiv. 1844. S. 223—233. De functionibus nervorum p. 128—130. J. van Deen Traités et Découvertes sur la physiologie de la moëlle épinière. Leide, 1841. 8. p. 54 fgg. B. Stilling a. a. O. S. 34 fgg. Pikford a. a. O. S. 418—31.

Eine eigenthümliche und zum Theil ähnliche Reihe von Erſcheinungen kann die Vergiftung mit Tollkirſche hervorrufen. Ich hatte z. B. um 11½ Uhr eine kleine Menge Belladonnaextract einem kräftigen Froſche durch eine Rückenwunde und eine zweite Quantität durch einen in die Zunge gemachten Einſchnitt eingeimpft. Das Thier verfiel ſchon im Laufe des Nachmittags in tetaniſche Krämpfe der Hinterbeine, die z. B. immer eintraten, ſo wie es aus ſeinem Behälter herausſpringen wollte. Abends um 5 Uhr erregte der geringſte Hautreiz die kräftigſten tetaniſchen Extenſionen der Hinterfüße. Goß ich dann etwas Waſſer auf den Boden des Glaſes, in welchem es ſich befand, ſo erfolgten ſogleich die ſtärkſten durch Streckungen der Hinterbeine bedingten Stöße, welche ſich oft hinter einander in einer Minute wiederholten, bis endlich das Thier todt zu ſein ſchien. Die Vorderfüße waren feſt gegen einander geführt; die Hinterbeine im höchſten Grade ſteif, und alle Muskeln beider Extremitäten fühlten ſich ſehr hart an. Weder leiſe noch ſtarke Hautreize änderten dieſen Zuſtand. Nichts deſto weniger hatte ſich der Froſch am anderen Morgen dergeſtalt wieder erholt, daß er lebhaft herumſprang, kein krampfhaftes Symptom darbot und einige Tage darauf zu anderen Verſuchen verwendet werden konnte.

Ein Froſch, der durch Kirſchlorbeerwaſſer betäubt worden war, zeigte nicht das geringſte Merkmal einer erhöhten Stimmung ſeiner Muskelreizbarkeit. Er konnte im Zuſtande der Narcotiſation, die übrigens auch nur vorübergehend war, umgelegt, fortgeſchoben werden, ohne lebhaft oder ſelbſt bisweilen überhaupt zu reagiren. In keinem Falle aber ſtellten ſich kloniſche oder toniſche Krämpfe ein.

Es läßt ſich mit Recht annehmen, daß die zuerſt genannten Narcotica ihre Wirkungen gewiſſen phyſikaliſch-chemiſchen Veränderungen, welche ſie auf das Nervenſyſtem ausüben, verdanken. Manche von ihnen, wie Blauſäure, lähmen die Herzthätigkeit [2]). Sie ſowohl als andere, wie z. B. das ächte Wourali, zerſtören alle Reizbarkeit faſt unmittelbar nach dem Tode. Es iſt mithin klar, daß dieſe Subſtanzen die Kräfte des Nervenſyſtemes ſogleich herabſetzen. Wenn aber Opium, Strychnin und Belladonna die Empfänglichkeit für Reflexkrämpfe in ſo hohem Grade vergrößern, ſo folgt hieraus noch nicht, daß ſie die Energien deſſelben direct ſtärken. Selbſt die Heilung von Lähmungen durch Strychnin ſpricht noch nicht abſolut für eine ſolche Deutung. Die Thatſache, daß ein Hemiplegiſcher z. B., der Strychnin mit Erfolg braucht, anfangs von Zuckungen in ſeinen gelähmten Gliedern ergriffen wird, beweiſt nur ſo viel, daß die dem Willen entzogenen Nervenmaſſen den automatiſchen entſprechenden Anregungen zu directen oder Re-

---

[1]) Roser und Wunderlich medicinische Vierteljahresschrift. Bd. II. Stuttgart, 1843. 8. S. 430.

[2]) Siehe H. Meyer in Roser und Wunderlich's medicinischer Vierteljahrsschrift. Bd. II. 1843. 8. S. 262.

ſkelbewegungen nicht vollkommen verſchloſſen ſind, durch allmälige Uebung unter dem Einfluſſe der Ernährung erſtarken und wiederum dem Willenseinfluſſe zugänglich gemacht werden können.

Specialthätigkeiten des centralen Nervenſyſtemes. —1571
Dieſer Abſchnitt der Nervenlehre bildet aus mehrfachen Urſachen den ſchwierigſten und unvollkommenſten Theil der Phyſiologie. Iſt es ſchon beinahe unmöglich, die mannichfachen Regungen der Pſyche genau ſyſtematiſch darzuſtellen und zu zerlegen, ſo überſteigt es faſt unſere Kräfte, zu erforſchen, auf welchem Wege die einzelnen Parthien des großen und kleinen Gehirns die Vermittlung derſelben mit dem Körper bewerkſtelligen. Die uns noch unbekannten Stimmungsverhältniſſe, die vielfachen und verſchiedenartigen Mittheilungen, welche in dem centralen Nervenſyſteme Statt finden, verbieten es, gerade die intereſſanteſten Punkte durch ſcharfe und definitiv beweiſende Verſuche aufzuhellen. Wir dürfen überdies nicht vergeſſen, daß die ſogenannten Organe des Gehirns, wie z. B. der Balken, das Gewölbe, die Streifen-, Seh- und Vierhügel bloß äußerlich verſchieden geformte Gebilde und keine geſonderten in ſich abgeſchloſſenen Werkzeuge ſind, daß wir es vielmehr überall nur mit Primitivfaſern und daneben gelagerten Elementen der grauen oder anders gefärbten Subſtanzen zu thun haben.

Gleich dem Kinde hat der Erwachſene die Neigung, ſich für dasjenige, was ihm ſcheinbar am nächſten liegt, nicht nur zu intereſſiren, ſondern auch ohne Berückſichtigung der Schwierigkeit und ohne hinreichend kritiſche Baſis Erklärungsgründe zu ſchaffen. Die Begierde des Wiſſens überwältigt die Erkenntniß der reellen Unwiſſenheit und reißt um ſo eher, je weniger Tiefe die Vorſtudien verſchafft haben, zu Täuſchungen und Trugbildern hin. Die Phyſiologie des centralen Nervenſyſtems hat nicht wenig durch dieſe Verhältniſſe gelitten. Phantaſtiſches Streben und unkritiſches Verfahren, unbegründetes Philoſophiren und ſelbſtſüchtige Charlatanerie haben auf dieſem Gebiete viel Flüchtiges geſchaffen und noch mehr durch Bethörung der durch Mangel an Realkenntniſſen urtheilsloſen Maſſe geſchadet. Der wahre Naturforſcher muß hier, wie überall, das Sichere und Unſichere möglichſt genau trennen und mit dem äußerſt Wenigen, was er beſtimmt weiß, ſich begnügend, jedes noch ſo lockende grundloſe ſubjective Gebäude entſchieden zurückweiſen.

Die unmittelbare anatomiſche Unterſuchung lehrt, daß die hinteren 1572
Nervenwurzeln in das Innere der Hintertheile, die vorderen in das der Vordertheile des Rückenmarkes eintreten und von da nach dem Gehirn emporſteigen. Schon hieraus läßt ſich folgern, daß die Hinterſtränge des Rückenmarkes ſenſibel, die Vorderſtränge dagegen motoriſch ſein werden. Die Richtigkeit dieſes Schluſſes läßt ſich leicht an jedem Säugethiere erhärten. Legt man das Rückenmark deſſelben bloß, ſo ruft der geringſte Einſtich in die obere oder hintere Fläche heftigen Schmerz hervor, während der gleiche Eingriff, ſobald er die Vorderfläche trifft, Bewegungen veranlaßt.

Eine andere Frage iſt jedoch die, ob die beiden genannten Theile, 1573
gleich den Wurzeln, welche ſie aufnehmen, bloß empfindlich oder bewegend

bleiben, oder ob ſchon in ihnen eine Miſchung von beiderlei Faſern Statt findet. Die Erfahrungen aller neueren Forſcher ſtimmen darin überein, daß die hinteren Stränge jedenfalls vorherrſchend ſenſibel, die vorderen dagegen bei Weitem größtentheils motoriſch ſind. Allein während Ch. Bell, Magendie, Fodera, Rolando, Baker, Calmeil, Kürſchner, van Deen, Stilling, Dupré, Longet nur empfindende Faſern in den hinteren und bloß bewegende in den vorderen Strängen des Rückenmarkes annehmen, glaubten Bellingeri, Schoeps, Seubert, Magendie (nach ſpäteren Verſuchen), ich und Budge zu dem Reſultate gelangt zu ſein, daß auch ſchon hier ein gewiſſer Grad der Miſchung Statt finde und ſenſible Faſern zu den vorderen und motoriſche zu den hinteren Strängen hinübertreten, ohne jedoch den durch die einſtreichenden Wurzeln bedingten Grundcharakter durchgreifend zu verdrängen. Nach den letzteren Erfahrungen concentrirt ſich die Vermengung vorzugsweiſe in den Seitenſträngen, während die freiliegenden Mittelparthien der vorderen Fläche rein motoriſch, die der hinteren bloß ſenſibel bleiben.

Die graue Subſtanz des Rückenmarks ſpielt hierbei eine ſehr weſentliche Rolle. Sie nimmt, wie die anatomiſche Unterſuchung lehrt, die Primitivfaſern der Nervenwurzeln in ſich auf, um ſie wieder ſpäter den Markmaſſen zu übergeben und nach dem Gehirn ſtreichen zu laſſen. Die Zerſtörung der grauen Subſtanzen vernichtet die ſelbſtbewußte Empfindung, die willkürliche und auch unter den früher erwähnten Bedingungen die Reflexbewegung. Ihre Quertheilung oder Vernichtung wirkt mithin eben ſo als wenn an den gleichen Stellen das geſammte Rückenmark denſelben Einwirkungen ausgeſetzt worden wäre. Die Durchſchneidung der bloßen Markmaſſen dagegen hemmt weder die Leitung der Hautreize nach dem Gehirn noch die der Willensbefehle nach den Muskeln.

Wie wir ſchon früher geſehen haben, wirkt die rechte Hälfte des Rückenmarkes nur auf die rechte, die linke bloß auf die linke Körperhälfte; jede von ihnen aber auf alle Theile, deren Nerven unter oder hinter dem Angriffspunkte hervortreten.

Schon hier zeigt ſich die Schwierigkeit, daß die Sonderung in hintere, ſeitliche und vordere Stränge eine mehr künſtliche iſt, und man höchſtens mit dieſen Namen gewiſſe Gegenden bezeichnet, deren genaue und ſichere Abgrenzung in der Leiche, geſchweige denn am Lebenden unmöglich iſt. Dazu kommen noch die Synergien ſenſibler und motoriſcher Faſern, welche ſtörend eingreifen können. Aus dieſen Gründen hielten manche Forſcher, wie z. B. Joh. Müller [1]), jeden ſicheren Entſcheid auf dieſem Gebiete für unmöglich.

Betrachten wir zunächſt die an Säugethieren angeſtellten Experimente, ſo beſchränkte man ſich in früherer Zeit darauf, entweder nur oberflächlich die Vorder- oder Hinterſtränge zu reizen oder jene oder dieſe eine Strecke weit auszuſchneiden und nun die Folgen, welche dann die Empfindungs- und Bewegungserſcheinungen darbieten, zu unterſuchen. Als das Problem in neuerer Zeit einer allgemeinen Discuſſion unterworfen wurde, modificirte man die Beobachtungen ſpecieller und verbeſſerte ſie zum Theil. Jedoch muß man auch hier im Auge behalten, daß negative Erfahrungen, welche rückſichtlich der noch vorhandenen Senſibilität gemacht werden, der größten Kritik bedürfen. Es ereignet ſich nicht ſelten, daß z. B. Hunde und einzelne Katzen, Kaninchen ſchon nach der

---

[1]) Joh. Müller Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 815.

einfachen Bloßlegung der harten Hirnhaut des Lenden- oder Bruſttheiles der Wirbelſäule und in noch höherem Grade nach der des Rückenmarkes und dem Ausfluſſe der Cerebroſpinalflüſſigkeit zuſammenſinken, ſich nicht auf ihren Hinterfüßen halten können und gegen ſenſible Eingriffe unempfindlich werden. Reizt man eine oberflächliche Stelle zum erſten Male mechaniſch, ſo reagirt das Thier durch Schmerzensäußerungen. Sie fehlen aber, ſo wie man den Verſuch bald darauf wiederholt, und kehren erſt, wenn die Verletzung tiefer eingreift, wieder.

Experimentirt man zunächſt an todten Säugethieren, ſo läßt ſich natürlich nur das Verhältniß der motoriſchen Faſern ſelbſt im günſtigſten Falle beurtheilen. Auf dieſe Weiſe fand z. B. Kürſchner [1]), daß die Reizung der hinteren Stränge bei Kaninchen, welche nicht mehr Reflerbewegungen darbieten, keine motoriſchen Effecte zur Folge hat, während dieſe nach dem Anſpruche der Vorderſtränge ſogleich hervortreten. Ich [2]) fand, daß dieſe Angabe richtig iſt, wenn man ſich nur an den unterſten und oberſten Theil des Rückenmarkes hält, daß man aber noch Bewegungen der Muskeln der Hinterbeine friſch getödteter Kaninchen beobachtet, wenn man die Seitentheile des Bruſt-Lendenſtückes des Rückenmarks ſelbſt noch über dem Niveau des Centralcanales angreift. Hiermit ſtimmen auch die Verſuche, welche Longet [3]) ſpäter an lebenden Hunden anſtellte, überein.

Dieſer letztere Forſcher bediente ſich in neuerer Zeit folgender Methode. Er legte den Bruſt-Lendentheil des Rückenmarkes erwachſener Hunde bloß und trennte dieſes der Quere nach in der Gegend des erſten Rückenwirbels. Reizte er nun einige Minuten darauf die Hinterſtränge des hinteren Rückenmarkabſchnittes mechaniſch oder mittelſt einer aus 6 bis 10 Plattenpaaren beſtehenden galvaniſchen Säule, ſo traten keine Bewegungen der Hinterfüße hervor. Nur ausnahmsweiſe fanden ſich einzelne Zuckungen, welche aber Longet auf die bald verſchwindenden Reflerbewegungen bezieht. Der Anſpruch der Vorderſtränge veranlaßte immer ſehr heftige Convulſionen in einem oder beiden Hinterbeinen; der der Seitenſtränge dagegen ſchwächere Bewegungen, als der der vorderen. Bringt man die Elektroden der Säule an die Hintertheile des vorderen Rückenmarkabſchnittes, ſo entſtehen heftige Schmerzen. Allein nicht nur ſie, ſondern auch alle Bewegungen fehlen nach Longet bei dem Anſpruche des vorderen Abſchnittes, weil ſich nicht, wie er glaubt [4]), das Nervenprincip der motoriſchen Elemente centrifugal fortpflanzen kann. Jedoch ſprechen die an Amphibien leicht anzuſtellenden Verſuche ſo ſehr gegen dieſe Thatſache, daß deren nähere und wiederholte Unterſuchung nothwendig zu ſein ſcheint.

Budge [5]) fand bei Katzen und Hunden, daß alle Schichten des Rückenmarkes, vordere wie hintere und ſeitliche, Empfindlichkeit beſitzen. Er trug z. B. zwei Dritttheile des Rückenmarkes eines Hundes in der Länge eines Zolles von hinten her ab und rief noch heftige Schmerzen hervor, ſobald er den freigelegten Ueberreſt mit kauſtiſchem Kali betupfte. Legte er das Rückenmark einer Katze von der Bauchhöhle aus bloß, ſo erregte ſchon ein Nadelſtich Schmerz, obgleich dieſer weit geringer, als nach dem Anſpruche der Hinterfläche ausfiel. Wurde dann ein Stück von zwei Linien Dicke von den Vorderſträngen hinweggenommen, ſo rief das Betupfen der Wundfläche mit kauſtiſchem Kali heftige Schmerzensäußerungen hervor.

Stilling [6]) gelangte bei ähnlichen Beobachtungen zu anderen Reſultaten. Während er die Hinterſtränge, die in der Nähe der hinteren Nervenwurzeln befindliche gallertige und die hintere graue Subſtanz ſehr empfindlich fand, konnte er keine Schmerzensreaction durch Reizung der vorderen weißen oder grauen Subſtanz oder der Seitenſtränge

---

[1]) Marshall Hall Abhandlungen über das Nervensystem. Uebersetzt von Kürschner. Marburg, 1840. 8. S. 192. Müller's Archiv. 1840. S. 115 fgg.

[2]) Repertorium. Bd. VI. S. 319.

[3]) F. A. Longet Anatomie et Physiologie du système nerveux. Tome I. Paris, 1842. 8. p. 273.

[4]) Ebendaselbst S. 274.

[5]) Budge Untersuchungen über das Nervensystem. Heft I. Frankfurt a. M., 1841. 8. S. 10. 11.

[6]) Roser und Wunderlich medicinische Vierteljahrsschrift. Bd. I. Stuttgart, 1842. 8. S. 106 fgg.

unterhalb des genannten Rolandoſchen Streifens veranlaſſen. Durchſchneidet man die hinteren Markſtränge mit ihrer grauen Subſtanz nebſt den dazu gehörenden Seitenſträngen, ſo iſt kein ſenſibler Reiz, welcher die Hinterbeine trifft, im Stande, dem Thiere Schmerzensäußerungen zu entlocken. Dieſer Verſuch zeigt jedoch noch nicht, daß die Hinterſtränge allein ſenſibel ſind, weil die Höhenkreuzungsfaſern ſpäter in den bei dem Experimente getrennten Seitenſträngen verlaufen können.

Die Thätigkeiten des Rückenmarks wurden in noch ausgedehnterem Maaße an Fröſchen ſtudirt. Van Deen [1]) hat eine große Reihe mit ſehr vielem Scharfſinne ausgedachter Experimente geliefert, welche nicht bloß die vorliegende Frage, ſondern auch viele Stimmungs- und Mittheilungserſcheinungen der Centraltheile erläutern, und Stilling [2]) ſpäter die gleiche Bahn mit vielem Fleiße verfolgt. Die Detailsreſultate der zahlreichen Beobachtungen, deren Darſtellung zu weit führen würde, laſſen ſich leicht erklären, wenn man ſich erinnert, daß die Primitivfaſern der Nervenwurzeln zunächſt in die graue Subſtanz eindringen und dieſe, wie wir ſchon früher geſehen haben, die eigentlich erzeugende und active Thätigkeit übernimmt. Durchſchneidet man daher die hintere und vordere graue Maſſe, während die markigen Hinter- und Vorderſtränge möglichſt unverletzt bleiben, ſo hören Empfindung und willkürliche Bewegung auf. Umgekehrt erhalten ſich beide, wenn man nur die weiße vordere oder hintere Subſtanz lostrennt, deren graue Elemente hingegen unverletzt läßt — Thatſachen, die wir auch ſchon im Weſentlichen bei den Reflerbewegungen kennen gelernt haben. Die Thätigkeit der grauen Maſſen ſpielt mithin bei den ſelbſtbewußten Empfindungen, den willkürlichen und den Reflerbewegungen eine weſentliche Rolle, und keine dieſer Functionen iſt ohne ſie möglich. Ihre Quertheilung lähmt die Fortpflanzung zu oder von dem Gehirn; ihre Zerſtörung oder auch nur ihre Trennung von den entſprechenden ſenſiblen oder motoriſchen Nerven die Reflerbewegungen.

Der bedeutende Einfluß der grauen Subſtanz, d. h. der Nervenkörper, ihrer Scheiden und der zwiſchen ihnen verlaufenden Primitivfaſertheile macht es wenigſtens theoretiſch denkbar, daß die Verletzung dieſer Elemente bei centralen Erweichungen, der Rückendarre und ähnlichen Leiden dieſelben Lähmungsſymptome hervorruft, wie wenn das ganze Rückenmark vernichtet worden wäre. Die Folgen der Atrophie dieſes Centralorganes können wenigſtens vorläufig durch eine ſolche Hypotheſe erklärt werden. Künftige Studien müſſen jedoch über den Werth derſelben näher entſcheiden.

Schneidet man einen enthaupteten Froſch hinter den Vorderbeinen quer durch, ſo kann man durch verſchiedenartige Reizung des Rückenmarks Beugungs- oder Streckbewegungen der Hinterbeine erhalten. Daſſelbe Experiment gelingt mit den Vorderfüßen, wenn man das vordere Segment des Rückenmarkes anſpricht. Da nun aber dieſe ausgedehnten Bewegungsgruppen durch Reizung der einzelnen Nervenſtämme nicht immer erzeugt werden, ſo folgt hieraus ſo wie aus den oben erwähnten Thatſachen, daß die Urſache der genannten regelmäßigen Combinationen in dem Rückenmarke und zwar kurz nach der Aufnahme der Extremitätennerven liege. Zerſtört man das Rückenmark eines enthaupteten Froſches, indem man einen Draht in die Wirbelſäule von vorn nach hinten einſtößt, ſo entſtehen immer zuletzt Streckbewegungen der Hinterbeine, die oft im Anfange nach vorn gegen die Schnittfläche geführt werden. Die Extenſion beginnt nach Engelhardt [3]), ſobald der Draht das Mark in der Gegend des vierten bis fünften Wirbels trifft. Jedoch kann ſie auch ſchon während der Enthauptung oder bei höheren Verletzungen der Wirbelſäule mit dem in ihm enthaltenen centralen Nervenſyſteme zu Stande kommen. Legte ich das Rückenmark bloß und reizte die hintere Oberfläche deſſelben leiſe in der Gegend des zweiten bis dritten Wirbels, ſo erzeugten ſich in der Regel, je nachdem die Anſpruchsſtelle ſeitlich oder mehr in der Mitte lag, Bewegungen eines oder beider Vorderbeine nach hinten. Sie kehrten ſich aber nach vorn, wenn die Reizung tiefer eingriff. Eine oder beide Hinterfüße wurden dann nicht geſtreckt, ſondern nach vorn gegen die Reizungsſtelle gewandt. Greift man aber die Vorderfläche des Rückenmarkes

---

[1]) J. van Deen Traités et Découvertes sur la physiologie de la moëlle épinière. Leyde, 1841. 8. Vgl. Repertorium VI. 311.

[2]) B. Stilling Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarks und der Nerven. Leipzig, 1842. 8.

[3]) Müller's Archiv. 1840. S. 207

in der Gegend des zweiten bis dritten Wirbels mit einem mäßigen Irritamente an, ſo wird das Vorderbein nach vorn gezogen. Aehnliche Erſcheinungen wiederholen ſich in Betreff der Hinterfüße in der Gegend des ſechſten bis ſiebenten Wirbels. Leiſer Anſpruch der Hinterfläche bewirkt meiſt Streckung und ſolche der Vorderfläche Beugung der hinteren Extremitäten. Analoge Erfahrungen ergaben ſich auch am Lendentheile von Kaninchen. Wie es ſcheint, iſt eine um ſo tiefere Verletzung des Rückenmarkes von hinten aus zur Erzeugung der Streckbewegung nöthig, je weiter man ſich nach vorn von der Eintrittsſtelle der Nerven vorzüglich der Hinterbeine entfernt [1]. Der Mechanismus, durch welchen dieſe Verhältniſſe zu Stande kommen, iſt noch nicht bekannt. Sowohl die zum Theil von Bellingeri und mir aufgeſtellte Hypotheſe, daß die Nervenfaſern der Beuger unmittelbar nach ihrem Eintritte in das Rückenmark in den Vorderſträngen bleiben, die der Strecker dagegen mit den Hinterſträngen in nähere Beziehung treten, als die von Budge, daß die umgekehrte Anordnung Statt findet, ſtoßen auf ſo viele Schwierigkeiten, daß die Urſache dieſer eigenthümlichen Erſcheinungen erſt durch zukünftige Forſchungen ihre definitive Erledigung finden kann.

Die Studien der pathologiſchen Anatomie haben bis jetzt nur die gröberen phyſiologiſchen Verhältniſſe, welche ſich rückſichtlich der Thätigkeiten des Rückenmarkes beobachten laſſen, wie z. B. die Correſpondenz der Seitentheile deſſelben mit denen des Körpers, die größere Ausdehnung der Lähmung mit dem bedeutenderen Fortſchritt der Entartung nach dem Kopfe hin beſtätigt. Obgleich wir häufig Paralyſen der Empfindung ohne ſolche der Bewegung, und umgekehrt, finden, wiewohl bisweilen die ſtärkſten ſkleroriellen Contracturen, welche auch nach der Sehnen- oder Muskeldurchſchneidung bei Rückenmark- oder Gehirnkrankheiten wiederkehren, und heftige Streckungen der Extremitäten bei dem Tetanus vorkommen, ſo haben doch die bisherigen Sectionsreſultate keinen ſicheren und entſcheidenden Aufſchluß über die oben erwähnten delicateren Fragen geliefert.

Wir haben ſchon früher geſehen, daß das verlängerte Mark ſei- 1574
nen Einfluß auf die ſämmtlichen Rückenmarksnerven und den größten Theil der Hirnnerven ausübt. Es bildet mithin, wenn wir nach dem Gehirn fortſchreiten, den erſten ausgedehnteren Concentrationspunkt nicht bloß der Nerven des Rumpfes, ſondern auch der meiſten des Kopfes. Eben ſo wurde ſchon früher angeführt, daß in ihm allmälig die ſeitliche Kreuzung zu Stande kommt. Sie fehlt in ſeinem hinterſten Theile noch gänzlich und wird erſt in den über der Brücke und dicht hinter den Großhirnſchenkeln liegenden Parthien vollendet. Dieſe beiden Eigenſchaften würden ſchon dem verlängerten Marke eine weſentlich höhere Stufe als dem Rückenmarke anweiſen. Allein ſeine Beziehungen zur Fortdauer des Lebens machen es zu einem der wichtigſten Organe des centralen Nervenſyſtemes und verleihen ihm, was die materiellen Thätigkeiten der höheren Thiere betrifft, einen bedeutenderen Einfluß, als dem großen und kleinen Gehirn.

Schon Galen wußte, daß ein Thier, deſſen verlängertes Mark zerſtört wird, augenblicklich zuſammenſtürzt und ſogleich unter heftigen Convulſionen ſtirbt. Faſt jeder Phyſiolog, welcher ſich mit Verſuchen über das Gehirn beſchäftigt, hat ſeit Legallois die Erfahrung gemacht, daß man das große und kleine Gehirn eines Säugethiers oder Vogels vollſtändig entfernen kann, ohne daß der Tod binnen wenigen Minuten eintritt. Säugethiere leben dann, wenn ſie nicht die Blutung früher hinwegrafft, Stunden lang und Vögel können ſogar unter den ſpäter anzugebenden Vorſichtsmaßregeln Wochen und ſelbſt Monate hindurch erhalten werden. Durchſchneidet man den oberen Theil

[1] De functionibus nervorum p. 134 fgg. Vgl. dagegen Budge a. a. O. S. 37 fgg.

des Rückenmarkes, ſo iſt die Exiſtenz noch weniger gefährdet. Man kennt ſelbſt an dem Menſchen gemachte Krankheitsbeobachtungen, in welchen das Rückenmark in der Gegend des dritten Halswirbels in Folge von Verletzungen quer durchriſſen war, ohne daß der Tod auf der Stelle eintrat. Faſt alle Theile, welche von Rückenmarksnerven verſorgt werden, waren gelähmt. Der Kranke athmete zwar mit größerer Beſchwerde, jedoch noch mit hinreichender Intenſität, um die Arterialiſation ſeines Blutes zu unterhalten. Sein Verſtand war klar, und erſt nach Wochen oder Monaten erfolgte der Tod durch Lähmung der Athmung oder der Gehirnthätigkeiten. Kein Säugethier oder Vogel aber überlebt die vollkommene Zerſtörung ſeines verlängerten Markes 5 Minuten lang. Die Verletzung der einen Hälfte deſſelben hat dieſe Folgen nicht; es können ſelbſt Menſchen mit halbſeitigen Apoplexien der Medulla oblongata Jahre lang forterxiſtiren.

Dieſe Erſcheinungen geben zum Theil einen Anhaltspunkt, um ein Urtheil über die vielfach beſprochene Frage zu gewinnen, ob noch der Kopf eines Menſchen unmittelbar nach der Enthauptung Empfindung beſitze oder nicht. Der Streich geht in der Regel zwiſchen dem 4ten bis 6ten Halswirbel, ſelten höher durch. Eine bloße Durchſchneidung des Rückenmarkes in dieſer Gegend hebt nicht nothwendig das Bewußtſein und die Perception der Eindrücke, welche das Geſicht und den Schädel treffen, auf. Stirbt alſo bald das Gehirn in Folge der Execution ab, ſo geſchieht es nur deshalb, weil der Blutzufluß und die Athmung aufgehoben worden. Es iſt aber unter dieſen Verhältniſſen denkbar, daß das Herunterfallen und Herumrollen des iſolirten Kopfes trotz der Betäubung, welche die Enthauptung verurſacht, mehr oder minder gefühlt werde. Aus dieſem Grunde erſcheint es jedenfalls als zweckmäßiger, daß der Kopf von einem Gehilfen an den Haaren gehalten wird, damit einerſeits der Fall deſſelben verhütet und anderſeits das Blut ſo ſchnell als möglich entleert werde.

1575 Dieſer wichtige Einfluß des verlängerten Markes hat darin ſeinen Grund, daß es alle automatiſchen Bewegungen der Ein- und Ausathmungsmuskeln regulirt und harmoniſch zuſammenfügt. Es wird mithin nach ſeiner Zerſtörung der Athmungsmechanismus aufgehoben, und der Tod tritt bald durch Erſtickung ein.

1576 Viele Schriftſteller betrachten dieſe Wirkung als eine einfache Reflexerſcheinung. Allein die Verſuche, vorzüglich von Flourens[1]), zeigen deutlich, daß es ſich hier um etwas Höheres, um die wohlberechnete Verbindung und Abwechſelung der Einzelthätigkeiten handelt. Die letztere kann ohne Störung der Reflexbewegung zum Theil aufgehoben ſein. Mit einem Worte, das verlängerte Mark wirkt als der Regulator des wichtigſten inſtinctiven Mechanismus, welcher in dem Organismus der höheren Geſchöpfe vorkommt.

Durchſchneidet man das Rückenmark eines Kaninchens in der Gegend zwiſchen dem letzten Lenden- und dem erſten Bruſtwirbel, ſo wird die Athmung des Thieres auf keine weſentliche Weiſe geſtört. Da die Bauchmuskeln nur theilweiſe durch die Operation gelähmt werden und überdies keinen ſehr bedeutenden Einfluß auf den ruhigen Athmungsproceß ausüben, ſo erklärt ſich dieſe Thatſache von ſelbſt. Trennt man hierauf das

---

[1]) P. Flourens Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertèbrés. Seconde Edition. Paris, 1842. 8. p. 178 fgg.

Rückenmark dicht über dem erſten Bruſtwirbel, ſo hört das Spiel der Rippen während der Reſpiration auf. Ein Hautreiz ruft natürlich immer noch Reflexbewegungen hervor. Allein ihre automatiſche Betheiligung an dem gewöhnlichen Athmungsproceſſe iſt vernichtet, weil die continuirliche Verbindung der Eintrittsſtelle ihrer Nerven mit dem verlängerten Marke aufgehoben worden. Das Zwerchfell ſpielt fort und unterhält die mühſamer gewordene Athmung. Macht man nun einen durchgehenden Querſchnitt in der Mitte des Halsmarkes, ſo wird auch das Diaphragma gelähmt, die Athmungsnoth erreicht natürlich einen ſehr hohen Grad, allein die Bewegungen der Glottis, das Spiel der Naſenlöcher und das durch die Erſtickungsgefahr bedingte Schnappen der Kiefer dauert fort und die letzteren Bewegungen hören erſt mit der Trennung des verlängerten Markes in der Gegend der Vagusurſprünge auf. Das Thier iſt auf der Stelle todt, ohne daß noch Athmungsanſtrengungen irgend einer Art verſucht werden.

Entfernt man umgekehrt das große und kleine Gehirn eines Kaninchens und ſchneidet die Brücke ſo weit hinweg, daß die Trennungsfläche des verlängerten Markes einige Linien von den Urſprüngen der herumſchweifenden Nerven liegt, ſo dauert das Spiel der Inſpirationsmuskeln fort. Es bildet mithin das verlängerte Mark und kein Theil des Rückenmarkes oder des großen und kleinen Gehirns das Verbindungsglied, welches die einzelnen Athmungsmuskeln zu einer harmoniſchen Thätigkeit zuſammenknüpft.

Dieſe Thätigkeit kommt aber nicht der ganzen Medulla oblongata, ſondern nur einem begrenzten Theile derſelben zu. Die von Flourens[1]) an Kaninchen angeſtellten Unterſuchungen lehrten, daß die Gegend, welche die Athembewegungen leitet, vorn mit dem Urſprunge der einzelnen Wurzeln des Vagus beginnt und hinten ungefähr drei Linien hinter ihnen aufhört. Jede Quertheilung des centralen Nervenſyſtems innerhalb dieſer Grenzen vernichtet den Athmungsmechanismus auf der Stelle; jede andere dagegen, die außerhalb derſelben liegt, läßt ihn ungeſtört fortdauern. Nur hören auch die Reſpirationsbewegungen des Kopfes auf, ſo wie man den Schnitt eine kurze Strecke vor den Wurzelurſprüngen des herumſchweifenden Nerven führt.

Die bloße Iſolation des genannten Stückes von dem Gehirn und 1577
dem Rückenmark macht noch nicht die Athembewegungen gänzlich unmöglich, weil der (Facialis) Vagus und Accessorius mit dem centralen Nervenſyſteme in Verbindung bleiben. Eben ſo kann man das große und kleine Gehirn entfernen und die beiderſeitigen Vaguswurzeln durchſchneiden, ohne daß alle Athmungsmechanik ſtillſteht. Denn das verlängerte Mark behält noch die Direction der Rumpfmuskeln, da es mit dem Rückenmarke in Verbindung ſteht. Exenterirt man dagegen das Gehirn, ſchneidet das Rückenmark an der oben bezeichneten hinteren Grenze durch und trennt die Wurzeln des Facialis, Vagus und Accessorius, ſo iſt keine Athem-

[1]) a. a. O. p. 198 fgg.

bewegung mehr möglich, weil alle Bahnen nach den peripheriſchen Organen unterbrochen ſind.

1578 Einen anſchaulichen Beleg der eben angeführten Thatſachen liefert folgender Verſuch. Ein vor wenigen Tagen gebornes und noch blindes Kätzchen wurde durch Strychnin vergiftet. Die Krämpfe ſchritten von hinten nach vorn fort und der Todeskampf trat binnen wenigen Minuten ein. Nachdem nun Herz und Lungen exenterirt worden, erſchien nichts deſto weniger noch eine Reihe von Athemzügen. Als dieſe aufgehört hatten und ſich nicht mehr von ſelbſt einſtellten, wurden das große und kleine Gehirn entfernt und das verlängerte Mark von ſeiner Unterfläche aus zuerſt mechaniſch und dann mittelſt eines in Salpeterſäure getauchten Stiftes gereizt. Es entſtanden jedes Mal bei vier Verſuchen ſehr tiefe Einathmungen, bei denen die Kiefer ſtark klappten. Die Zunge bewegte ſich gleichzeitig heftig und wurde nach dem Munde zurückgezogen.

Daß zugleich das verlängerte Mark auf den Herzſchlag einwirkt, haben wir ſchon früher geſehen. Eben ſo laſſen ſich nicht ſeine Beziehungen zu den Bewegungen des Kehlkopfes und des Schlundes bezweifeln.

Die Annahme von Ch. Bell[1]), daß der (Patheticus) Facialis (Glossopharyngeus), Vagus, Accessorius, Phrenicus, der N. thoracicus s. pectoralis posterior s. respiratorius externus des ſechſten Halsnerven und die Bruſt- und Bauchnerven, welche in die Athemmuskeln verlaufen, ein eigenes Nervenſyſtem bilden, das beſonders mit den Seitenſträngen des Rückenmarkes und verlängerten Markes in Verbindung ſteht, läßt ſich nicht conſequent durchführen. Denn abgeſehen davon, daß der Patheticus und Glossopharyngeus gar nicht hierher gehören, ſo iſt einerſeits die functionelle Beziehung zu den Lateralpartbien des centralen Nervenſyſtemes rein hypothetiſch, während anderſeits auch noch fernere Theile, z. B. die Extremitäten bei ſehr großer Reſpirationsanſtrengung, z. B. in der Athmungsnoth zur Mithilfe gezogen werden. Eben ſo dienen viele Rückenmuskeln nicht minder der willkürlichen Bewegung, als der Athmung. Auf gleiche Weiſe müßte ein eigenes Schling-, ein beſonderes Geſchlechtsnervenſyſtem u. dgl. exiſtiren. Die Aſſociation liegt nicht darin, daß eigene Gruppen peripheriſcher Nerven geſchaffen worden, ſondern in der eigenthümlichen Einrichtung eines Centraltheiles, welcher auf alle Nerven, die zu dieſem Zwecke gebraucht werden, einwirken kann. Je nach Bedarf wird dann auch ein größerer oder geringerer Bezirk der Muskeln zu Hilfe gezogen.

Die Urſache der Periodicität der Athembewegungen iſt noch eben ſo dunkel, als die Mechanik der Elemente des verlängerten Markes, welche die Aſſociation der hierzu nothwendigen Muskeln zu Stande bringt. Wir wiſſen nur ſo viel, daß weder der ſenſible Reiz der Luft in den Lungen, noch der an der Haut dieſe Erſcheinungen auf dem Wege des Reflexes verurſacht. Denn die Athembewegungen dauern, wie wir geſehen, noch fort, wenn man die Lungen exſtirpirt oder die Haut abzieht. Es läßt ſich für jetzt nur ſo viel behaupten, daß der ungehinderte Zufluß arteriellen Blutes jene periodiſche Strömung bei Säugethieren und Vögeln unterhält, die durch bloß venöſes Blut vermittelte Ernährung der Medulla oblongata dagegen zuerſt ſtärkere Athemzüge, dann Convulſionen und den Stillſtand aller Athembewegungen erzeugt. Die letzteren Wirkungen zeigen ſich auch, wenn das verlängerte Mark von aller Blutzufuhr abgeſchnitten iſt.

Das Centralorgan des Athemapparates iſt ſo eingerichtet, daß der Reſpirationsmechanismus das ganze Leben hindurch fortdauert. Die hierdurch bewirkte Einſaugung der Atmoſphäre in die Lungen unterhält den Herzſchlag und den Kreislauf. Das auf dieſe Art veränderte Blut belebt alle Organe, mithin auch den Centralapparat der Athmung ſelbſt. Wir haben daher auf dieſe Weiſe eine fortwährende gegenſeitige Wechſelwirkung, bei

---

[1]) Karl Bell's phyſiologiſche und pathologiſche Unterſuchungen des Nervenſyſtems. Ueberſetzt von M. H. Romberg. Berlin, 1832. 8. S. 33 fgg.

welcher das verlängerte Mark und die Athemmuskeln die Rollen des Bedingenden und Bedingten zugleich übernehmen.

Obgleich aber der nervöſe Mittelpunkt der Athmung eine gewiſſe Emancipation von den übrigen Körperzuſtänden behaupten und bei allen Verſchiedenheiten derſelben thätig bleiben muß, ſo kann er doch ſeiner Modalität nach von zwei Seiten her influencirt werden. Stärkere peripheriſche Reize bringen auch einen Wechſel in der Art des Athmens hervor. Wir ſehen dieſes bei dem Nieſen, Huſten, Schluchzen, Keuchen, Laufen, Springen, dem kurzen Reſpiriren während ſchmerzhafter Operationen u. dgl. mehr. Indem das verlängerte Mark alle Körpernerven in ſich aufnimmt, kann es auf dieſe Weiſe die mannigfachſten Reize auf die Athmungszuſtände übertragen. Ebenſo iſt aber auch der Wille durch die continuirliche Verbindung des verlängerten Markes mit dem Gehirn im Stande, einen beſtimmten Einfluß auf den Reſpirationsproceß auszuüben. Wir können die Schnelligkeit und Intenſität unſerer Athemzüge zunächſt durch die Einwirkung auf die dabei betheiligten Rumpfmuskeln nach Belieben erhöhen oder erniedrigen, oder den Modus der Verbindung der in dieſer Hinſicht in Betracht kommenden Muskeln, wie z. B. bei dem Drücken verändern. Die uns aufregenden oder niederſchlagenden Leidenſchaften reflectiren ſich leicht in unſeren Athembewegungen u. dgl. mehr.

Anencephalen, denen das große und kleine Gehirn fehlt, die aber ein vollſtändiges verlängertes Mark beſitzen und anderſeits Mißgeburten mit Spina bifida, deren Rückenmark gänzlich zerſtört worden, können noch einige Zeit fortleben, weil ihre Athmung möglich bleibt. Eben ſo iſt ein Kind, das wegen Enge des Beckens von dem Geburtshelfer excerebrirt worden, im Stande, mehrere Stunden nach der Geburt zu athmen, zu ſchreien oder ſich zu bewegen, ſobald die Perforation die Medulla oblongata geſchont hat.

Das verlängerte Mark hat außerdem noch das Vermögen, die Mus- 1579
kulatur des Rumpfes und der Extremitäten zu gewiſſen anderen Bewegungsgruppen zu verbinden. Hat man das große und kleine Gehirn eines Kaninchens entfernt und nur die Brücke mit den über ihr liegenden Theilen, das verlängerte Mark und das Rückenmark unverſehrt zurückgelaſſen und hält dem Thiere eine Auflöſung von kauſtiſchem Ammoniak vor die Naſe, ſo kratzt es die Naſenlöcher mit den Vorderfüßen (Longet)[1]. Es iſt nicht im Stande, ſich aufrecht zu erhalten. Drückt man aber ſeinen Schwanz zuſammen, ſo macht es Verſuche davonzugehen, ohne daß ihm dieſes gelingt. Andere ähnliche Erfahrungen werden noch ſpäter bei Gelegenheit der Thätigkeiten des kleinen Gehirns angeführt werden.

Dieſe Thatſachen berechtigen uns jedoch noch nicht zu der Annahme[2], 1580
daß das verlängerte Mark der Sitz des Willenseinfluſſes ſei. Die Erfahrung, daß dieſer nach der Durchſchneidung beider Großhirnſchenkel aufhört und bei Apoplexien durch Extravaſate im Streifen- und Sehhügel verſchwindet, beweiſt eher das Gegentheil. Jene Erſcheinungen laſſen ſich vielmehr unter demſelben Geſichtspunkte, wie die Zweckmäßigkeit der Reflexbewegungen, d. h. als inſtinctive Thätigkeiten, welche durch organiſche Einrichtungen der Centraltheile des Nervenſyſtemes bedingt werden, auffaſſen.

Kaninchen, denen das große und kleine Gehirn exſtirpirt worden, 1581
ſchreien noch laut auf, ſobald man ihren N. trigeminus reizt, und gerathen in die größte Unruhe, wenn man ihren Schwanz ſtark kneipt (Longet)[3]. Es treten mithin alle äußeren Zeichen der Schmerzensreaction, wie bei

[1]) Longet a. a. O. Tome I p. 431.
[2]) Joh. Müller Physiologie. Bd. I. Dritte Auflage. Coblenz, 1838. 8. S. 845.
[3]) a. a. O. Tome I. p. 429.

einem geſunden Thiere hervor. Allein auch hieraus läßt ſich nicht mit aller Beſtimmtheit ſchließen, daß noch eine ſelbſtbewußte Empfindung vorhanden ſei. Denn die Verengerung der Stimmritze und die ſtarken Ausathmungsbewegungen, welche die hohen gellenden Töne hervorrufen, ſo wie die Unruhe des Körpers können bloß eine heftigere Reaction der materiellen Inſtinctcombination des verlängerten Markes, die von der reellen Schmerzensperception noch weſentlich verſchieden iſt, darſtellen.

1582 Die Combinationsthätigkeit des verlängerten Markes ſcheint ſich auch noch durch ein anderes weſentliches Moment von den Reflerbewegungen zu unterſcheiden. Die letzteren werden durch die Entfernung des Gehirns frei gemacht. Sie treten bei einem enthaupteten Thiere ungefeſſelter als bei einem geſunden hervor und können umgekehrt bei dem letzteren durch den feſten Willen größtentheils oder gänzlich unterdrückt werden. Keines von beiden kehrt z. B. bei den Athembewegungen wieder. Sie werden nach der Exſtirpation des großen und kleinen Gehirns eher langſamer als geſchwinder und laſſen ſich nicht durch unſeren Willen für irgend längere Zeit aufheben. Es wäre daher wohl denkbar, daß die Natur dieſe von dem Einfluſſe des Ich in höherem Grade emancipirten Elemente des verlängerten Markes benutzte, um auch andere delicatere Verhältniſſe der Eingeweide des Unterleibes und des Beckens zu reguliren.

1583 Wir haben ſchon früher geſehen, daß die Vierhügel mit den Thätigkeiten der Augen in innigſter Beziehung ſtehen. Reizt man die eine vordere Anſchwellung derſelben bei einem Säugethiere, ſo ziehen ſich die Regenbogenhäute beider Augen zuſammen. Die Abtragung der Vierhügel erzeugt Blindheit und hebt die Reflerbewegungen der Iris auf. Verletzungen der rechten Seite wirken auf das linke Auge, und umgekehrt [1]).

Einzelne Forſcher, wie z. B. Flourens, Hertwig, Purkinje und Krauß beobachteten auch, daß ſich Säugethiere oder Vögel nach der Verletzung der einen Hälfte ihrer Vierhügel nach der Seite des geſunden Auges herumwendeten oder im Ganzen fortwährend im Kreiſe drehten. Allein beiderlei Wirkungen rühren nicht, wie ſich faſt mit Gewißheit annehmen läßt, von den urſprünglichen Thätigkeiten der Vierhügel her. Die erſtere Erſcheinung iſt vorzüglich bei Vögeln, wo ſie auch von Flourens allein beobachtet worden, eine reine Folge der Blindheit des einen Bulbus und kehrt nach der directen Zerſtörung oder ſelbſt nur dem Zubinden eines geſunden Auges wieder. Die fortwährenden Kreisbewegungen der Hunde oder Kaninchen dagegen rühren, wie wir bald ſehen werden, von den gleichzeitigen Verletzungen der darunter liegenden Theile, vorzüglich der Hauben und der Großhirnſchenkel, her.

Die bisherigen Erfahrungen erläutern noch nicht definitiv, ob die durch die Exſtirpation der Vierhügel bedingte Lähmung alle Faſern des Sehnerven oder was wahrſcheinlicher ſein dürfte, nur einen Theil derſelben umfaßt. Eben ſo beruht vielleicht ihre Wirkung auf die Regenbogenhaut nur darauf, daß die Faſern des Oculomotorius durch ſie hindurchtreten. Beide Functionen umfaſſen aber vermuthlich nicht die ganze Beſtimmung, welche den Vierhügeln zukommt. Daß ſie noch beſondere uns bis jetzt unbekannte Kräfte beſitzen, deutet auch ihre ſtarke Ausbildung bei Thieren mit ſehr reducirten Augen, wie dem Maulwurfe an.

---

[1]) Flourens a. a. O. p. 142 fgg. Hertwig a. a. O. p. 18. Longet a. a. O. Tome I. p. 469—72.

Durchſchneidet man die rechte Hälfte des Halsmarkes, ſo wird das 1584
Vorderbein und das Hinterbein der rechten Seite gelähmt. Beide können nicht mehr die Körperlaſt wie geſunde Organe unterſtützen. Allein es treten keine tumultuariſchen Bewegungen des Geſammtorganismus hervor. Enthauptete Säugethiere wälzen und drehen ſich zwar bisweilen noch einige Minuten. Allein es fragt ſich, wie viel hierzu die Höhe der Verletzung und der Reiz der Wunde beiträgt. Halbirt man dagegen einen Gehirntheil, der vor der ſeitlichen Kreuzung der Rumpfnervenfaſern liegt, ſo erſcheint nicht bloß eine Paralyſe der entgegengeſetzten Körperhälfte, ſondern das Thier wird wenigſtens häufig veranlaßt, gewiſſe ungewöhnliche Bewegungen anhaltend vorzunehmen oder ſie dann hervortreten zu laſſen, wenn ſein Wille auf ſeine Rumpfmuſkulatur einwirkt.

1) Magendie legte das kleine Gehirn und das verlängerte Mark von Kaninchen bloß, hob das erſtere in die Höhe und machte nun einen durch den Boden des vierten Ventrikels gehenden einſeitigen Querſchnitt, deſſen inneres Ende 3 bis 4 Millimeter von der Mittellinie entfernt lag. Das Thier erhielt dadurch die Neigung, ſich im Kreiſe wie ein Pferd auf der Reitbahn, und zwar nach der Richtung der verletzten Seitenhälfte des verlängerten Markes herumzubewegen.

2) Magendie und Flourens durchſchnitten die eine Seitenhälfte der Brücke der Länge nach. Die Thiere rollten dann ohne äußere Veranlaſſung und wie durch eine Gewalt getrieben um die Längenachſe ihres Körpers herum. Die Richtung dieſer Drehung ging nach der verletzten Seite hin.

3) Die Durchſchneidung des einen Crus cerebelli ad pontem hat ebenfalls eine anhaltende Rotation um die Längenachſe des Körpers zur Folge. Fand die Verletzung des Brückenſchenkels auf der rechten Seite Statt, ſo wälzt ſich Thier nach den übereinſtimmenden Beobachtungen von Flourens [1]), Lafargue und Longet [2]) von rechts nach links. Nur Magendie [3]) giebt an, die umgekehrte Richtung in dieſem Falle beobachtet zu haben. Zu gleicher Zeit erſcheint dann das Auge der verwundeten Seite nach unten und vorn, das der entgegengeſetzten aber nach oben und hinten verzogen.

4) Die Trennung eines oder beider Crura cerebelli ad corpora quadrigemina ſtört weder die Bewegungen noch die Empfindungen der Körpertheile auf eine bemerkenswerthe Art. Daſſelbe ſcheint im Weſentlichen von den Crura cerebelli ad medullam oblongatam zu gelten, wenn nicht benachbarte tiefere Stellen des verlängerten Markes verletzt werden. Die Thiere krümmen ſich nur bisweilen nach der kranken Seite hin (Rolando).

5) Verletzt man z. B. die rechte Kleinhirnhemiſphäre eines Kaninchens oberflächlich, ſo zeigt ſich entweder gar keine Störung oder höchſtens eine gewiſſe Schwäche und Unſicherheit der Bewegungswerkzeuge. Das Thier

---

1) Flourens a. a. O. p. 489. 2) Longet a. a. O. Tome I. p. 434.

3) Magendie Vorlesungen über das Nervensystem, übersetzt von Krupp. Leipzig, 1841. 8. S. 173.

ſchwankt, wenn es vorwärtsgehen ſoll, verhält ſich aber ſonſt ruhig. Die Störungen nehmen dagegen mit der Durchſchneidung des rechten Lebensbaumes einen ernſteren Charakter an. Das an der linken Körperhälfte gelähmte Kaninchen ſinkt um, wendet ſeinen Kopf nach rechts, dreht ſich nach dieſer Seite hin um ſeine Längenachſe, richtet ſein rechtes Auge ſtarr nach unten, ſein linkes dagegen nach oben und zeigt eine Erweiterung der Pupillen, die ſich aber ſpäter oder nach dem Tode von Neuem verkleinern können. Fällt es erſchöpft hin, ſo legt es ſich auf die linke Seite. Die Durchſchneidung des linken Lebensbaumes ruft die entgegengeſetzten Drehbewegungen hervor. Es geht aber dann noch von Zeit zu Zeit vorwärts und blinzelt von ſelbſt mit ſeinen Augen (Purkinje u. Krauß) [1].

6) Entfernt man einem Säugethiere die rechte Hemiſphäre des kleinen Gehirns, ſo dreht es ſich in ſeinen unwillkürlichen Manegebewegungen von rechts nach links und umgekehrt nach bloßer Exſtirpation der linken Kleinhirnhemiſphäre von links nach rechts.

7) Dieſelbe Rotationsart von rechts nach links wiederholt ſich, wenn man den rechten Großhirnſchenkel dicht vor der Brücke (oder ſelbſt über derſelben) oder den rechten Sehhügel oder Streifenhügel oder überhaupt die innere Parthie der rechten Großhirnhemiſphäre verletzt oder dieſe gänzlich entfernt. Die gleiche Erſcheinung zeigt ſich bei tiefer Durchſchneidung der rechten Hälfte der Vierhügel, ſo daß die darunter liegenden Hauben mit afficirt werden. Dagegen fehlten die Drehungen nach der bloßen Trennung des Balkens, der durchſichtigen Scheidewand, traten aber, ſo wie man ſeitlich die innerſten Theile der einen Großhirnhemiſphäre durchſchnitt, mit größerer oder geringerer Intenſität hervor.

8) Alle einſeitigen Rotationen hören meiſtentheils auf, ſo wie man den ſymmetriſchen Seitentheil ebenfalls verletzt, mithin nach der Durchſchneidung beider Klein- oder Großhirnſchenkel oder der Exſtirpation des geſammten kleinen oder großen Gehirns, u. dgl. mehr. Die Neigung ſich zu drehen kann, wie es ſcheint, verbleiben, wenn man z. B. ungleich große Stücke der beiden Großhirnhemiſphären zurückgelaſſen hat.

1585 Wir ſehen mithin, daß dieſe halbſeitigen Durchſchneidungen in der Regel Drehbewegungen, die von der verletzten Seite des Gehirns nach der geſunden oder, wenn wir die Kreuzungsverhältniſſe berückſichtigen, von der noch kräftigeren Körperhälfte nach der halbgelähmten hingehen, veranlaſſen. Der Unterſchied aber, ob horizontale Manegebewegungen oder Drehungen um die Längenachſe zu Stande kommen, ſcheint von untergeordneter Bedeutung zu ſein und vorzüglich davon herzurühren, ob noch die Verletzung des Gehirns dem Thiere das Stehen auf vier Füßen geſtattet, oder nicht. Jedoch iſt zu bemerken, daß auch die Lage oder ſelbſt innere Verhältniſſe beſtimmen können, in welcher Weiſe die Wälzung, ob nach Art eines Rades oder eines um ſeine Längenachſe gedrehten Cylinders, zu Stande kommt.

---

[1]) H. C. G. Krauss De cerebri laesi ad motum voluntarium relatione certaque vertiginis directione certis cerebri laesionibus pendente. Vratislaviae, 1824. 8. p. 14. 15.

Die Intenſität, mit welcher dieſe Rotationen erfolgen, iſt theils nach der Natur der Verletzungen, theils nach der Individualität des Thieres ſehr verſchieden. Manche Kaninchen drehen ſich, nachdem man ihnen z. B. einen Klein- oder Großhirnſchenkel durchſchnitten und ſie losgelaſſen, ſo heftig, als wenn ihnen eine innere Gewalt keine Ruhe gönnte. Dieſer convulſiviſche Zuſtand kann ſogar nach Magendie 12 bis 24 Stunden anhaltend fortdauern. Andere Thiere rotiren eine Zeit lang nach der Operation und werden dann ruhig. Noch andere — und dieſes zeigen z. B. Hunde und Kaninchen, deren eine Großhirnhemiſphäre entfernt worden — bleiben ſtill, können aber nicht, wenn ſie vorwärts geſtoßen werden, geradeaus gehen, ſondern beſchreiben dann einen größeren oder kleineren Bogen oder einen vollſtändigen Kreis. 1586

Die natürlichſte Erklärung dieſer Erſcheinungen beſteht in der Annahme, daß die halbſeitige Durchſchneidung der genannten Hirntheile das Gleichgewicht der Bewegungen der beiden Körperhälften ſtört. Die Trennung des rechten Kleinhirnſchenkels z. B. kann vielleicht auf die rechte wie die linke Körperhälfte einwirken. Allein ſie lähmt die letztere offenbar mehr als die erſtere, macht ſie jedoch nicht bei Säugethieren, wie es ſcheint, abſolut hemiplegiſch. Will ſich nun das Thier nach vorn bewegen, ſo muß die ſtärker wirkende rechte Hälfte ſeinen Körper nach links ſchieben, und indem ſich dieſes in jedem Momente fortſetzt, einen Manegegang bedingen. Daß dieſer aber bisweilen von ſelbſt entſteht, ſcheint anzuzeigen, daß die Verletzung eine anhaltende Exploſion der in ihrem Gleichgewichte geſtörten Elemente erzeugt, deren Urſache und Weſen uns freilich noch unbekannt iſt. Die unvollſtändige Lähmung, welche eine Folge der Durchſchneidung der Kleinhirnſchenkel z. B. iſt und die vollkommene Paralyſe, welche nach der halben Zerſtörung des Rückenmarkes eintritt, giebt auch vielleicht Rechenſchaft, weshalb die Drehung im letzteren Falle mangelt. 1587

So dunkel auch der Zweck der ſeitlichen Kreuzung der Nervenfaſern im verlängerten Marke bleibt, ſo ſcheint wenigſtens ein Nutzen derſelben der zu ſein, jeder Hemiſphäre des großen Gehirns einen unmittelbaren Einfluß auf beide Körperhälften zu geſtatten. Denn die ſelbſtſtändigen Drehungen oder die, welche nach äußeren Veranlaſſungen erfolgen, zeigen nicht nur, daß die der Gehirnwunde entgegengeſetzte Seite des Körpers geſchwächt, ſondern auch die entſprechende in ihrer Function erhöht iſt.

Manche Verletzungen des kleinen Gehirns oder zu ihm gehörender Gebilde rufen ebenfalls eigenthümliche Stellungen oder Bewegungsarten hervor. Durchſchneidet man bei Kaninchen die beiden Crura cerebelli ad medullam oblongatam, ſo erhält das Thier nach Flourens [1]) die Neigung rückwärts zu gehen. Das gleiche Reſultat erſcheint nach Purkinje und Krauß [2]), wenn man das kleine Gehirn in zwei beliebige gleiche Hälften, eine rechte und linke, eine vordere und hintere, eine obere und untere ſondert. Der Kopf wird dann plötzlich, ohne daß ein Starrkrampf des Nackens Statt fände, nach rückwärts gezogen. Die Pupillen 1588

[1]) Flourens a. a. O. p. 443 fgg. 490 fgg.

[2]) Krauss a. a. O. p. 16.

erweitern ſich, die Augen ſtehen nach oben und hinten. Die Vorderbeine ſchlagen fortwährend nach oben und werfen jeden ihnen im Wege ſtehenden Gegenſtand mit Gewalt von ſich. Die wenig geneigten Hinterfüße dagegen gerathen ſeltener in kloniſche Thätigkeit. Der ganze Rumpf biegt ſich bisweilen nach hinten. Wird das Thier geſtoßen, ſo macht es entweder gar keine Bewegungen oder iſt eher geneigt, rückwärts als vorwärts zu gehen. Vögel, wie Hühner, Tauben, Sperlinge, denen man das kleine Gehirn in ſeiner Mitte der Länge nach durchſchnitten hat, fliegen häufig nach rückwärts oder gehen in dem ſchon §. 1585 erwähnten Manegekreiſe fort.

Wenn ſich aber auch die größere Geneigtheit, nach hinten zurückzuweichen, bisweilen zu erkennen giebt, ſo bildet ſie doch keineswegs ein immer entſchieden ausgeſprochenes und beſtändiges Symptom, welches der Ausrottung ſelbſt des ganzen kleinen Gehirns nachfolgt. Sie fehlt nicht nur oft gänzlich, ſondern manche Thiere gehen ſogar abwechſelnd vor- und rückwärts. Es iſt möglich, daß die Art und Ausdehnung der Verletzung einen entſcheidenden Einfluß in dieſer Hinſicht ausübt. Dieſes Schwanken der Reſultate, von dem ſich jeder Beobachter leicht überzeugen kann, erklärt es, warum Fodéra, Magendie, Flourens, Purkinje und Krauß, Bouillaud die Erſcheinung wahrnahmen, Lafargue, Longet [1] und Volkmann [2] dagegen dieſelben nicht beobachteten.

Während mehrfache Krankheitsfälle von Menſchen vorliegen, die an organiſchen Entartungen eines Groß- oder Kleinhirnſchenkels litten und Zeichen von Drehbewegungen darboten, gehört, wie es ſcheint, ein unwillkürliches Rückwärtsgehen bei Leiden des Cerebellum zu den größten Seltenheiten [3]. Es können im Gegentheil ſehr bedeutende Blutaustretungen, Vereiterungen, Tuberkelabſätze u. dgl. im kleinen Gehirn vorkommen, ohne daß ſich jenes Phänomen darbietet.

1589 Magendie [4] fand, daß Kaninchen (nicht aber Hunde oder andere Säugethiere) nach der Exſtirpation des einen geſtreiften Körpers unruhig werden, aber immer noch ihre Bewegungen beherrſchen können, nach der Entfernung des zweiten geſtreiften Körpers dagegen pfeilſchnell nach vorn ſchießen und ſo lange in dieſer Bahn gerade fortlaufen, bis ihnen ein feſter Widerſtand in den Weg kommt. Purkinje und Krauß [5] bemerkten, daß Vögel, denen ſie die Varolsbrücke quer durchſchnitten hatten, ihren Schnabel nach unten bogen und ihn gegen den Fußboden ſtützten. Sie flogen eine Strecke nach vorn und ſetzten ſich bald ermüdet nieder.

Jenes Vorſchießen nach vorn iſt ebenfalls kein conſtantes Zeichen. Lafargue fand es in einer größeren Reihe von Verſuchen nur zwei und

---

1) Longet a. a. O. Tome I. p. 744—46.

2) R. Wagner's Handwörterbuch der Phyſiologie. Bd. I. Braunſchweig, 1842. 8. S. 593.

3) Einen Fall der Art ſiehe in Magendie Journal de Physiologie expérimentale. Tome VI. p. 162. und Longet a. a. O. Tome I. p. 746.

4) a. a. O. p. 162.

5) a. a. O. p. 43.

Longet [1]) bei mehr als 20 Kaninchen bloß ein Mal. Nach Abtragung beider Großhirnhemiſphären fehlt es ſogar in der Regel.

Magendie ſtellte die Vermuthung auf, daß hier ein gewiſſer Antagonismus Statt finde. Gleich wie ein Thier nach der Exſtirpation des kleinen Gehirns zurückweiche, ſo ſchieße es nach der Zerſtörung der Geſammtmaſſe und nicht bloß der grauen Subſtanz des geſtreiften Körpers nach vorn. Beide Kräfte hielten ſich im Leben das Gleichgewicht, indem gleichſam die Streifenhügel nach hinten, das kleine Gehirn nach vorn treibe. Ich habe jedoch das heftigſte Vorſchießen in gerader Linie bis zu einer widerſtehenden Wand bei Kaninchen beobachtet, denen die Sehnerven durchſchnitten waren. Die plötzliche Blindheit trieb die Thiere zu dieſer energiſchen in gerader Linie fortgehenden Flucht. In ihrer Haſt ſtießen ſie dann gegen die Wand des Zimmers mit großem Geräuſche an. Eben ſo entfliehen auch ſchon Kaninchen bisweilen in ähnlicher Art, wenn man nur ihre Haut oder die Schädelknochen verletzt hat. Da nun oft die Exſtirpation der beiden Streifenhügel mit der Durchſchneidung der Sehnerven verbunden iſt, ſo bildet wahrſcheinlich das geradlinigte Vorſchießen die Folge der plötzlichen Blindheit und des Schreckens des Thieres. Lafargue iſt auch bei ſeinen Verſuchen zu dem gleichen Endreſultate gelangt. Denn die Verletzung der Vierhügel rief die oben erwähnten Erſcheinungen eben ſo vollkommen hervor. 1590

Die Zerſtörung des kleinen Gehirns verurſacht, wie wir geſehen haben, keine Schmerzen, ſobald man nur nicht ſeinen unteren und inneren Theil oder ſeine verſchiedenartigen Schenkel zerrt oder drückt. Eben ſo wenig entſtehen dann Convulſionen, welche einzig und allein durch die Operation bedingt wären. Hat man aber die rechte Kleinhirnhemiſphäre eines Säugethieres entfernt, ſo erſcheint vorzugsweiſe die linke Rumpfhälfte geſchwächt, nicht aber gänzlich gelähmt. Dieſem entſprechend finden wir auch bisweilen bei Hemiplegien Blutextravaſate in der entgegengeſetzten Hälfte des kleinen Gehirns, obgleich anderſeits bedeutende Zerſtörungen dieſes Organes vorhanden ſein können, ohne daß ſich einſeitige Paralyſenerſcheinungen oder überhaupt ſcharf umgränzte Lähmungen zu erkennen geben. 1591

Theilt man das kleine Gehirn eines Säugethieres, z. B. einer Katze in zwei ſeitliche Hälften, ſo treten bisweilen mehr oder minder ausgeſprochene Lähmungen der einen Körperſeite hervor. Dieſe Erſcheinung rührt wahrſcheinlich davon her, daß die Theilung nicht genau in der Mitte Statt gefunden. Beſtändiger noch zeigt ſich in dieſem Falle das Reſultat, daß das Thier nur mit großer Mühe und wankend einhergeht. Ueberlebt es die Operation mehrere Tage, ſo gewinnt ſpäter der Gang eine immer größere Sicherheit [2]). Vögel können in der Regel nicht mehr in dem gleichen Falle geſchickt fliegen und haben bei der Unſicherheit ihrer Stellung Schwierigkeiten, ihrer Futter zu ergreifen. 1592

[1]) Longet a. a. O. Tome I. p. 515. 516.
[2]) Hertwig a. a. O. p. 17.

1593 Schneidet man die oberflächlichen Schichten des kleinen Gehirns eines Säugethieres oder Vogels ab, ſo werden die Gangbewegungen in geringem Grade geſchwächt und unſicher. Trennt man neue Lamellen los, ſo daß man ungefähr die Hälfte des Organes entfernt, ſo bietet das Thier vollkommen die Haltung eines Trunkenen dar. Der Gang wird wankend und unſicher. Vögel fliegen auf eine ſehr eigenthümliche und ungeſchickte Weiſe. Hat man das ganze kleine Gehirn entfernt, ſo behält zwar noch das Thier die Fähigkeit, alle ſeine Muskeln willkürlich zuſammenzuziehen. Allein es iſt ihm unmöglich, ſie zu den beabſichtigten Wirkungen auf zweckmäßige Weiſe zu verbinden. Es kann ſich nicht gehörig ſtehend auf den Beinen erhalten, viel weniger ordentlich laufen. Es macht die längſte Zeit alle möglichen Anſtrengungen, um vollkommen aufzuſtehen, ohne daß es ihm gelingt. Legt man es auf den Rücken, ſo iſt es außer Stande, ſich aufzuheben. Vögel flattern mit ihren Flügeln, ohne die zum Fluge nöthige Combination derſelben finden zu können. Dieſe Infirmitäten vermindern ſich auch nicht, wenn z. B. der Vogel noch eine Woche nach der Operation und länger lebt. Die Fähigkeit der Schmerzensempfindung und das Sehen und Hören gehen ſelbſt nicht durch die gänzliche Abtragung des kleinen Gehirns verloren.

1594 Flourens[1]), welcher zuerſt dieſe leicht zu beſtätigenden Erſcheinungen verfolgte, ſchloß aus ihnen, daß das kleine Gehirn den Coordinator der Körperbewegungen bilde. Dieſe Anſicht giebt auch wenigſtens offenbar einen paſſenden Ausdruck für die ihrem Weſen nach noch unbekannten Eigenſchaften dieſes Hirntheiles. Wir haben geſehen, daß ſchon das Rückenmark die Combination der Flexoren und Extenſoren, der Adductoren und Abductoren bedingen kann. Das verlängerte Mark verband die Athemmuskeln mit einander und zog auch die übrige Muskulatur des Rumpfes und der Extremitäten zu Hilfe. Alle dieſe Fähigkeiten erhalten ſich noch nach der Entfernung des kleinen Gehirns. Eben ſo verbleiben der Wille und die ſubjectiven Schmerzens- und Sinnesempfindungen. Allein die gehörige Vereinigung und Succeſſion der Muskelzuſammenziehungen, welche das feſte Stehen, Gehen, Fliegen, Aufſitzen, Ausweichen u. dgl. nothwendig macht, ſind, wenn ſie auch der Wille befiehlt, unmöglich. Faſſen wir mithin das kleine Gehirn als das Vermittelungsorgan dieſer Thätigkeiten auf, ſo wird es erklärlich, weshalb daſſelbe auf die Bewegungen der Extremitäten und ſogar drr Eingeweide einen bedeutenden, keineswegs aber einen ausſchließlichen Einfluß ausübt.

Es unterliegt kaum einem Zweifel, daß das kleine Gehirn noch außerdem weſentliche Functionen beſitzt. Allein weder das phyſiologiſche, noch das pathologiſche Studium konnte bis jetzt in dieſer Beziehung ſichere Aufſchlüſſe verſchaffen. Die Anſicht von Willis, daß es die unwillkürlichen Bewegungen der Eingeweide beherrſche, hat keine poſitiven Thatſachen für ſich. Allein eben ſo wenig iſt dieſes bei ſtrenger kritiſcher Prüfung mit der Hypotheſe von Gall, daß es die Verhältniſſe der Geſchlechtstheile leite, der Fall. Da es, wie wir geſehen haben, einen motoriſchen Einfluß auf die Samenleiter, die Gebärmutter und die Tuben ausübt, ſo können Krankheiten deſſelben die Geſchlechtstheile afficiren; gleichwie daſſelbe in Betreff des Rückenmarkes der Fall iſt, und

---

[1]) Flourens a. a. O. p. 33. 53. 133.

z. B. ein Erhenkter, deſſen Halsmark gequetſcht worden, Samenergießung, wenn er aber ohne mechaniſche Verletzung deſſelben geſtorben, ein ſolches Symptom nicht darbietet. Allein die bisherigen phyſiologiſchen und pathologiſchen Erfahrungen reichen noch nicht hin, um zu erhärten, daß das kleine Gehirn das ausſchließliche Centralorgan der Genitalverrichtungen ſei. Alles deutet vielmehr darauf hin, daß das große Gehirn den materiellen Vermittler des Geſchlechtstriebes, wie anderer Begierden und Leidenſchaften, darſtelle.

Noch dunkler ſind die Specialthätigkeiten der einzelnen Gebilde des großen Gehirns. Oeffnet man den Schädel eines Kaninchens dicht neben dem oberen Längenblutleiter und trennt mit einem zwiſchen beiden Hemiſphären eingeſtochenen Meſſer den Balken, die durchſichtige Scheidewand, das Gewölbe, die vordere Commiſſur und den Boden des dritten Ventrikels, ſo zeigen ſich weder Schmerzensempfindungen, noch Krämpfe. Die letzteren ſtellen ſich nur dann ein, wenn die Blutung der Balkenſchlagader oder der zufällig getroffenen Hirncarotis lebensgefährliche Symptome von Gehirndruck veranlaßt. Eben ſo entſteht nur Schmerz, wenn man die inneren und unteren Theile der Streifen- und Sehhügel, die Großhirnſchenkel oder einen der ſenſiblen Hirnnerven getroffen hat. 1595

Schüchterne Kaninchen zeigen ſchon, ſobald ſie nur angefaßt werden, einen ſehr raſchen Herzſchlag. Die Zahl der Pulſationen erhöht ſich dann nicht mehr nach der Balken- und Gewölbeverletzung auf eine auffallende Weiſe; allein das ſchnelle Klopfen, welches vollkommen an das Geklapper in einer Mühle erinnert, dauert bis zum Tode fort und erhält ſich ſelbſt während des zuletzt eintretenden Sopors. Phlegmatiſchere Thiere dagegen zeigen deutlich, daß die Durchſchneidung des Balkens und der unter ihm liegenden Gebilde die Zahl der Doppelſchläge des Herzens vergrößert. Das eines Kaninchens machte z. B., nachdem ſchon ein langes ſchmales Knochenblatt neben dem Sinus longitudinalis superior entfernt worden war, 150 bis 155 Pulſationen in der Minute. Sie ſtiegen unmittelbar nach der Balkendurchſchneidung auf 200 bis 205 und erhielten ſich auf dieſer Höhe bis zu dem drei Tage ſpäter eingetretenen Tode faſt unverändert. Eben ſo ſtiegen ſie bei einem zweiten Thiere von 30 auf 105 Doppelpulſationen und behielten noch dieſe ihre auffallende Schnelligkeit während der Agonie bei. Zu gleicher Zeit ſcheinen ſie aber an Kraft zu verlieren, was ſie an Zahl gewinnen. Dieſe Thatſachen dürften zum Theil den Weg andeuten, auf welchem ſich auch bei uns die Zahl der Herzſchläge nach Gemüthsaffecten verſtärkt. 1596

So weit es ſich beurtheilen läßt, haben die auf die oben geſchilderte Weiſe operirten Thiere keine Störung der Functionen ihrer Sinnesthätigkeiten erlitten. Eben ſo wenig zeigen ſie jene Apathie, welche wir bald als die Folge der Entfernung der beiden Großhirnhemiſphären kennen lernen werden. Sie reagiren auf jeden Reiz und bewegen ſich vollkommen willkürlich wie geſunde Geſchöpfe. Nur lieben ſie es, ruhig zu ſitzen, verlaſſen oft nicht Stunden lang ihren Platz und gehen, wenn man ſie ſtört oder in ihrer Nähe Lärm macht, einige Schritte vorwärts, um bald wieder in ihre frühere Ruhe zu verfallen. Greift man ſie an, ſo zeigen ſie ſich leicht ſehr boshaft, widerſtehen mit vieler Kraft, ſuchen zu kratzen 1597

und ſind, wie es ſcheint, weit reizbarer und böſer als geſunde Thiere. War ein einſeitiges Extravaſat oder eine Verletzung der inneren und unteren Theile der einen Großhirnhemiſphäre vorhanden, ſo kann ein leichter Hautreiz anhaltende und ſehr heftige Drehbewegungen hervorrufen. Manche Thiere bieten noch von Zeit zu Zeit ein ſehr auffallendes Zähneknirſchen dar. Harn und Stuhl werden im Anfange willkürlich entleert. Ebenſo iſt weder die Athmung, noch die Eigenwärme auf weſentliche Weiſe geſtört.

Lebt das Thier länger als 24 Stunden, ſo ſtellt ſich Durchfall und, wie es ſcheint, eine vermehrte Harnabſonderung ein. Es häuft ſich eine gelbliche Flüſſigkeit und zwar, wie die vergleichenden Sectionen lehren, zuerſt in dem Zwölffingerdarme und dem Dünndarme an und ſchreitet von hier nach den dicken Gedärmen und dem Maſtdarme fort. Das Fluidum, welches häufig auch das Duodenum bedeutend ausdehnt, dringt endlich auch in den Magen und kann ſogar durch Erbrechen, das ſonſt faſt nie bei Kaninchen beobachtet wird, in die Mundhöhle befördert werden. Dieſe Thatſachen erläutern die bei dem Menſchen oft gemachte Erfahrung, daß Kopfverletzungen galligtes Erbrechen und Durchfall nach ſich ziehen.

1598 Iſt man bei einem Kaninchen an der Innenſeite der linken Großhirnhemiſphäre bis zur Schädelbaſis vorgedrungen, ſo daß auch die inneren und unteren Theile des Streifen- und Sehhügels verletzt worden, ſo ſchießt bisweilen das Thier wie durch eine Gewalt getrieben gerade vorwärts. Der Schmerz und nur die Blindheit des einen Auges bedingen mithin ſchon dieſes Symptom. Es dreht ſich jedoch bald darauf von links nach rechts manegeartig und zeigt keine auffallende Abweichung in der Stellung ſeines Rumpfes oder ſeiner Extremitäten. Nur biegt ſich bisweilen der Kopf dergeſtalt nach hinten, daß er den rechten Schenkel berührt und bewegt die Kiefer und vorzüglich die Lippen, als wenn das Thier etwas hinweglecken wollte. Dieſe Erſcheinung wird uns erklärlicher, wenn wir uns erinnern, daß die Reizung des Anfangstheiles des Ammonshornes auf die Geſichtsmuskeln einwirkt (§. 1506). Das linke Ohr zieht ſich auch dann nach hinten. Die Pupillen beider Augen aber verkleinern ſich, wie gewöhnlich, durch den Einfluß hellen Lichtes. Stört man das Thier nicht, ſo bleibt es ruhig, wie nach der Balkendurchſchneidung. Kneipt man dagegen ſeine Haut, ſo reagirt es heftiger, als ein geſundes Kaninchen und verfällt leicht in ſo ſtarke Rotationsbewegungen, daß es ſich tief in ſein Heu eingräbt oder über einen Fuß hoch aus ſeinem Behälter emporgeworfen wird. Deutliche Zeichen vollſtändiger Hemiplegie, Anfälle von Starrkrämpfen oder Schleimraſſeln ſtellen ſich erſt gegen Ende des Lebens ein. Zuletzt beſchränkt ſich die Empfänglichkeit für Reflexbewegungen auf ein immer kleineres Gebiet, bis endlich der Tod unter allgemeinen Convulſionen, ſeltener dagegen ohne dieſe eintritt. Die Primitivfaſern und Nervenkörper können dicht an der verletzten Stelle oder ſelbſt an einem durch die Schädelwunde vorgefallenen Theile des Gehirns unverändert erſcheinen.

1599 Viele Sectionsreſultate von Apoplektiſchen lehren deutlich, daß die Gegend der Streifen- und Sehhügel einen weſentlichen Einfluß auf die

willkürlichen Bewegungen der entgegengeſetzten Körperhälfte ausübt. Denn fand z. B. eine Hemiplegie des linken Armes und Fußes Statt, ſo zeigen ſich häufig Blutextravaſate und Erweichungen im rechten Corpus striatum und Thalamus opticus, und umgekehrt. Die Annahme von **Saucerotte**, **Serres**, **Foville** u. A., daß die Streifenhügel vorzüglich auf die Füße, die Sehhügel auf die Arme einwirken, ließ ſich bis jetzt weder durch phyſiologiſche Verſuche, noch durch pathologiſch-anatomiſche Erfahrungen definitiv erhärten. Eine von mir zufällig gemachte Erfahrung ſpricht ſogar eher gegen als für eine ſolche Vermuthuug. Ich hatte eine vor wenigen Tagen geborene und noch blinde Katze durch Strychnin getödtet. Herz und Lungen waren anderer Verſuche wegen unmittelbar nach dem Tode ausgeſchnitten worden, und das Thier machte keine automatiſchen Athemzüge mehr. Nun trug ich Scheiben des Vorderlappens des großen Gehirns und der oberflächlichen Theile der Streifenhügel ab. Das Kätzchen bewegte beide Vorderbeine, nicht aber die Hinterfüße, ſehr ſtark und zog zugleich die vorgefallene Zunge in die Mundhöhle zurück. Die kräftigen Bewegungen der Vorderfüße ließen ſich noch zwei Mal durch erneuerte Abtragung von horizontalen Scheiben der Vorderlappen und der Streifenhügel wiederholen. Eben ſo beſtätigten ſich dieſelben Reſultate bei einem zweiten Kätzchen in der oben geſchilderten Weiſe. Nur muß man ſich hüten, automatiſche Bewegungen der Extremitäten, welche bei dem tiefen Athmen erfolgen, mit den erwähnten Ergebniſſen zu verwechſeln.

Hat man den einen Seitenventrikel eines Hundes bloßgelegt und den geſtreiften Körper ausgeſchnitten, ſo bemerkt man keinen deutlichen beſtändigen Unterſchied zwiſchen den Bewegungen des Vorder- und Hinterbeines der entgegengeſetzten Seite [1]). Nach **Longet** [2]) würden ſogar die Sehhügel einen größeren Einfluß auf die Bewegungen der Extremitäten überhaupt, als die Streifenhügel ausüben. Sind nämlich die Hemiſphären eines Kaninchens bis auf die Seitenventrikel entfernt worden und ſchneidet man ſelbſt die Streifenhügel aus, ſo kann das Thier noch ſtehen und vorwärts laufen. Es fällt dagegen, ſo wie man den rechten Sehhügel zerſtört, nach links um. Wurde die ganze rechte Großhirnhemiſphäre eines Hundes hinweggeſchnitten, ſo iſt das Thier nach **Hertwig** [3]) links dergeſtalt gelähmt, daß es nicht von ſelbſt aufſtehen kann, macht aber, wenn ihm aufgeholfen worden, ſeine Kreisbewegungen und bringt auch an ſeinen linken Beinen die hierzu nöthigen Lagenveränderungen gehörig zu Stande.

Der Menſch ſcheint ſich in dieſer Beziehung von den Säugethieren zu unterſcheiden. Iſt bei ihm die Gegend des rechten Streifen- und Sehhügels erweicht oder mit Extravaſaten verſehen, ſo werden ſeine linken Extremitäten dergeſtalt gelähmt, daß er ſie gar nicht bewegen oder wenigſtens nichts mit ſeiner Hand faſſen und nicht mit ſeinem Beine gehen kann. Er wirft das letztere im günſtigſten Falle gerade oder in einem Bogen

---

[1]) C. F. **Burdach** Vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. III. Leipzig, 1826. 4. S. 461.

[2]) **Longet** a. a. O. 501.

[3]) **Hertwig** a. a O p. 7.

vorwärts, ſchleift es am Boden und wankt, ſobald er ſich auf daſſelbe ſtützen will. Mit einem Worte, er zeigt nicht jene Vollkommenheit, welche z. B. ein Hund nach der Entfernung einer ganzen Großhirnhemiſphäre darbieten kann. Wenn auch der aufrechte Gang des Menſchen einen weſentlichen Einfluß auf dieſe Erſcheinungen ausübt, ſo deutet doch die Größe der Lähmung nicht bloß der unteren, ſondern auch der oberen Extremität darauf hin, daß hier ein eigenthümliches Organiſationsverhältniß des menſchlichen Gehirns die Grundbedingung der Erſcheinung bildet.

1600 Zerſtörung eines oder beider Streifenhügel hebt weder das Sehen noch das Hören auf. Zweifelhafter bleiben die Verhältniſſe des Geruchsorganes, weil die Exſtirpation der Corpora striata ohne Beeinträchtigung der Fortſetzungen der Geruchsnerven an der Baſis des Schädels oder im Gehirn beinahe unmöglich iſt und die Thiere nach ſolchen Großhirnverletzungen kaum mehr zu ſchnüffeln den Trieb haben. Daß die ihrer Streifenhügel beraubten Kaninchen ihre Vorderbeine nach den Naſenlöchern führen, ſobald man ihnen kauſtiſchen Salmiakgeiſt vorhält, kann nichts beweiſen. Denn hier wirkt der ſenſible Eindruck, und Säugethiere, denen man beide Großhirnhemiſphären ausgeſchnitten und bei welchen mithin von Geruch keine Rede ſein kann, bieten dieſelbe Erſcheinung dar.

1601 Die einfache Durchſchneidung eines Sehhügels ohne Exſtirpation anderer Gehirntheile erzeugt eine Manegedrehung, die von der Seite der Hirnwunde nach der entgegengeſetzten geht und mithin den Charakter der Faſerkreuzung zu erkennen giebt. Hat man den Thalamus opticus exſtirpirt, ſo verengert ſich noch die Pupille des entgegengeſetzten Bulbus, ſobald ein ſtarkes Licht ins Auge fällt. Dieſe Erſcheinung verliert ſich aber, ſo wie man auch die Vierhügelerhabenheiten derſelben Seite abträgt. Reizung der Sehhügel bewegt die Iris nicht, während die der Vierhügel Veränderungen derſelben veranlaßt. Wir würden jedoch irren, wenn wir hieraus ſchließen wollten, daß die Sehhügel ohne Einfluß auf die Retina ſeien. Denn ein Theil der Faſern des Sehnerven läßt ſich beſtimmt in dieſe Hirngebilde verfolgen. Jedoch iſt es allerdings richtig, daß nur ſelten und gewiſſermaßen ausnahmsweiſe Blutextravaſate oder Erweichungen eines Sehhügels ſelbſt bei dem Menſchen Blindheit des entgegengeſetzten Auges nach ſich ziehen [1]).

Dieſer Widerſpruch löſt ſich vielleicht dadurch, daß man annimmt, daß diejenigen Faſern der Netzhaut, welche die Umgebung des gelben Fleckes und überhaupt die zum Sehen geſchickten Theile der Retina verſorgen, vorzugsweiſe zu den Vierhügeln gehen und hier mit den Hauptnerven der Iris in Berührung kommen, damit ſich der Stand der Pupille der Größe des Lichteindruckes des geſehenen Gegenſtandes ſogleich anpaſſe.

Wie wir ſchon früher ſahen, ſtreichen auch noch offenbar motoriſche Faſern neben und hinter dem Sehhügel zu den übrigen Theilen des großen Gehirnes. Jedoch fehlen alle genaueren Beſtimmungen in dieſer Beziehung. Den Einfluß des Ammonshornes auf die Geſichtsmuskeln haben wir ſchon früher (§. 1506) kennen gelernt. Ob es auch nach Foville's Vermuthung auf die Zunge einwirke, bleibt noch dahingeſtellt.

---

[1]) Vgl. C. F. Burdach vom Baue und Leben des Gehirns. Bd. III. Leipzig, 1826. 4. S. 457.

Die Entfernung der Zirbel, des Trichters und des Hirnanhanges erzeugt gar keine Folgen, die zu einem irgend beſtimmten Schluſſe über die Thätigkeit derſelben Veranlaſſung geben könnten.

Wichtiger iſt der Einfluß, welchen die Großhirnhemiſphären auf die geiſtigen Thätigkeiten ausüben. Während ein Säugethier oder ein Vogel mit der allmäligen Abtragung der Hemiſphären ſeines kleinen Gehirnes das feſte Stehen, das Gehen, Umwenden, Fliegen u. dgl. verlernt, ſeine übrigen intelligenten Kräfte hingegen beibehält, vermindern ſich die letzteren um ſo mehr, einen je größeren Subſtanzverluſt die beiden Halbkugeln des großen Gehirnes erlitten haben. Oberflächliche Einſchnitte in die eine Hemiſphäre haben noch keinen erheblichen Erfolg bei Thieren. Tiefere Verletzungen oder die Entfernung einer größeren Scheibe, ſo daß das Centrum semiovale Vieussenii bloßliegt, lähmen die entgegengeſetzte Körperhälfte, ſtören aber nicht die geiſtigen Fähigkeiten. Die letzteren ſinken jedoch um ſo mehr, je mehr man von den beiden Großhirnhemiſphären abgetragen hat. Säugethiere und Vögel werden nach und nach ſtupider, verfallen immer mehr in einen ſchlaffüchtigen Zuſtand und verlernen alle Handlungen, welche auf höheren Wahrnehmungen des Willens beruhen. Sie ſitzen meiſtentheils ruhig, kümmern ſich nicht um das, was um ſie vorgeht, nehmen nicht das ihnen vorgelegte Futter, ſondern verhungern eher, als daß ſie von ſelbſt freſſen, und kauen nicht die Speiſen, die man nur in ihren Mund gebracht hat. Will man ſie daher am Leben erhalten, ſo muß man ihnen die Nahrung von Zeit zu Zeit ſo tief in den Schlund ſtoßen, daß ſie durch die automatiſchen Schluckbewegungen weiter befördert werden. Ernährt man ſie auf dieſe Weiſe, ſo kann man Hunde, denen beide Großhirnhemiſphären ausgeſchnitten worden, mehrere Tage, und auf gleiche Art operirte Vögel ſogar Monate lang am Leben erhalten. Ein Hund erkennt dann ſeinen Herrn nicht mehr, findet ſich nicht bewogen, Jemanden anzubellen oder zu beißen, weicht nicht einem ihn bedrohenden Streiche aus, ſondern bleibt ruhig, bis ihn unmittelbare ſenſible oder ſenſuelle Reize aufregen. Sind Katzen durch die Oeffnung ihres Schädels wüthend geworden, ſo beruhigen ſie ſich nach der Abtragung ihrer Großhirnhemiſphären. Maulwürfe verbergen ſich nicht mehr und graben ſich nicht von ſelbſt in den Erdboden ein. Vögel haben die gleiche Somnolenz und Apathie. 1602

Sind beide Großhirnhemiſphären entfernt, ſo zeigen die Thiere keine abnorme Verzerrung ihrer Muskulatur. Sie können ſtehen, gehen, laufen, fliegen, ihren Kopf und ihre Füße nach einzelnen beliebigen Stellen hinbewegen, ſchreien, bellen u. dgl. Die Athembewegungen treten regelmäßig auf und verſtärken ſich nach äußeren Veranlaſſungen wie bei geſunden Geſchöpfen. Urin und Stuhlgang werden zwar unzweifelhaft ohne Bewußtſein entleert, allein dieſe Excrete gehen nur von Zeit zu Zeit ab, ſo daß die Sphincteren wenigſtens größtentheils ihr Recht behaupten. Legt man einen Vogel auf den Rücken, ſo hebt er ſich gut auf. Wirft man ihn in die Luft, ſo kann er noch gehörige Flugbewegungen machen und ſchwingt ſich bisweilen ſo lange vorwärts, bis er an die Wand oder 1603

ein anderes Hinderniß anſtößt. Häufig ſtehen ſogar Thiere der Art nur auf einem Beine, wenden den Kopf nach dieſer oder jener Seite, verbergen ihn unter ihren Flügeln, putzen dieſe, wenn ſie durchnäßt oder ſchmutzig ſind, durch Auf- und Niederſchlagen derſelben oder mittelſt ihres Schnabels, u. dgl. mehr.

1604 Das Vermögen der Schmerzensempfindung iſt ebenfalls nicht, ſo weit ſich dieſes an Thieren beurtheilen läßt, gänzlich aufgehoben. Hunde ohne Großhirnhemiſphären ſchreien laut auf und wehren ſich bisweilen auf das heftigſte, ſobald man ihren Schwanz ſtark zuſammendrückt. Weckt man den ſchlafſüchtigen Vogel durch einen Hautreiz auf, ſo ſchlägt er mit den Flügeln, geht einige Schritte vorwärts oder hebt das eine Bein in die Höhe. Will man ihm den Schnabel öffnen, ſo wehrt er ſich durch Bewegungen des Mundes oder ſelbſt der Extremitäten. Hat er die Augen geſchloſſen und macht man in ſeiner Nähe ein Geräuſch, ſo öffnet er die Augenlider und ſchließt ſie, nachdem er ſich dumm umgeſehen, von Neuem, um in ſeine alte Schlafſucht zu verfallen.

1605 Die Thätigkeiten der Sinneswerkzeuge ſolcher Thiere ſind ſchwerer zu ermitteln. Flourens entfernte bei einer Henne die beiden Großhirnhemiſphären, ließ aber die unteren Schichten derſelben, um die Geruchsnerven zu ſchonen, unverletzt und erhielt ſie dann ein halbes Jahr durch künſtliche Fütterung am Leben. Es zeigte ſich zwar nach ſeiner Angabe keine Spur des Geruchsſinnes mehr. Allein Jeder wird zugeben, daß hier ein ſicheres Urtheil ſehr ſchwierig ſein muß. Setzen wir aber ſelbſt die Richtigkeit des Reſultates voraus, ſo beſchränkt ſich die Faſerverbreitung des Geruchsnerven dergeſtalt auf das große Gehirn, daß ein ſolches Ergebniß kaum unerwartet kommt. Die meiſten Schriftſteller nehmen an, daß ein Säugethier oder ein Vogel, dem die rechte Großhirnhemiſphäre ausgeſchnitten worden, auf dem linken Auge blind ſei, und umgekehrt, und die Exſtirpation beider Großhirnhemiſphären zugleich den Verluſt des Augenlichtes nach ſich ziehe. Was die Säugethiere betrifft, ſo haben wir ſchon früher geſehen, daß ſich Blindheit und Abtragung der Sehhügel (ohne die der Vierhügel) in keinem nothwendigen Zuſammenhange befinden. Nicht minder zweifelhaft bleibt die Sache in Betreff der Vögel. Hatte Longet[1]) die Großhirnhemiſphären mit Ausnahme der Sehlappen bei einer Taube entfernt, ſo zog ſich nicht nur die Iris durch Einwirkung des Lichtes zuſammen, ſondern das Thier ſchloß auch bisweilen die Augenlider und drehte ſeinen Kopf auf entſprechende Weiſe im Kreiſe herum, ſobald man in einiger Entfernung mit dem Kerzenlichte eine Rotationsbewegung veranſtaltete. Was das Gehör betrifft, ſo ſind Hunde, Katzen und Kaninchen ohne Großhirnhemiſphären ſo apathiſch, daß ſie ſich ſelbſt nicht, wenn man in ihrer Nähe ein Piſtol losgehen läßt, rühren. Eine enthirnte Taube dagegen öffnete in gleichem Falle die Augen, ſtreckte ihren Hals aus, hob den Kopf in die Höhe, verfiel aber dann wieder in ihre frühere Stupidität und ſchloß von Neuem die Augenlider[2]). Goß Lon-

[1]) Longet a. a. O. Tome I. p. 648. [2]) Ebendaselbst p. 650.

get[1]) jungen Hunden oder Katzen unmittelbar nach der Exenteration der
Großhirnlappen eine concentrirte Coloquinthenabkochung in den Schlund,
ſo machten ſie, gleich einem geſunden Thiere heftige Kaubewegungen, um
ſich der bitteren Subſtanz zu entledigen.

Die bisherigen Erfahrungen ſcheinen alſo anzudeuten, daß die ge- 1606
wöhnlichen Reactionen der heftigeren ſenſiblen und der Geſchmackseindrücke
bei Säugethieren und die ſtärkeren Geſichts- oder Gehörsperceptionen bei
Vögeln ſelbſt nach der Entfernung der Großhirnhemiſphären zu Stande
kommen. Dieſe Operation beraubt zwar das Thier ſeiner höheren geiſti-
gen Thätigkeiten, macht es apathiſch, dumm und verſenkt es in eine an-
haltende Schlafſucht, aus welcher es nur ſtärkere äußere Einflüſſe für den
Augenblick wecken. Hierdurch verſchwinden aber nicht alle Regungen des
Widerſtandes und der Fähigkeit, gewiſſe eigenthümliche Handlungen der
ſogenannten Inſtincte vorzunehmen. Die gehörige Coordination und Zweck-
mäßigkeit ſelbſt der combinirteſten Bewegungen und die Reflexerſcheinun-
gen, welche die Thätigkeit der Sinne, wenigſtens des Auges und des Ge-
ſchmackes und wahrſcheinlich auch des Gehöres reguliren, dauern unge-
ſtört fort, weil alle dieſe Functionen, wie wir ſchon früher ſahen, von
anderen Centraltheilen des Nervenſyſtems urſprünglich beherrſcht werden.

Die bisher erwähnten Thatſachen ſind die einzig ſicheren, die Hirn- 1607
functionen betreffenden Facta, welche die Phyſiologie der Pſychologie an-
bieten kann. Es iſt wahr, daß das Material noch ſehr arm ausfällt.
Allein wie lange wurden kosmiſche Syſteme aufgeſtellt, ehe das Stillſtehen
der Sonne und das Gravitationsgeſetz da, wo früher das Spiel der Phan-
taſie die Hauptgrundlage der Betrachtungen bildete, Ordnung und Stabi-
lität einführte! Der menſchliche Geiſt bohrt Jahrtauſende lang in dem
dunkelen Schachte der Natur, bis es endlich gelingt, eine edle Ader zu
finden. Hat er aber einmal ihren Anfang erreicht, ſo ſchreitet er ſicher
durch ſie ſelbſt geleitet fort. Newton öffnete dieſe Bahn der Mechanik
und ihr mathematiſcher Fortſchritt iſt ſeit ſeinen Zeiten eine Nothwendig-
keit geworden. Die Phyſiologie des Gehirns und die Pſychologie graben
noch im Dunkeln, ohne ſich ſchon des Leitſterns, welchen die Anziehungs-
erſcheinungen für den mechaniſchen Theil der Naturwiſſenſchaften bilden,
zu erfreuen. Das Gleiche gilt aber auch von den chemiſchen Verwandt-
ſchaften der Körper, den Ernährungserſcheinungen der Pflanzen und Thiere
und vielen anderen Zweigen der Naturwiſſenſchaften.

Nichts deſto weniger ergeben die bisherigen, über das centrale Ner- 1608
venſyſtem angeſtellten Unterſuchungen eine Reihe von Grundvorſtellungen,
welche auf die pſychologiſche Auffaſſung des Seelenlebens von Einfluß ſind.

1) Die zweckmäßige Combination der einzelnen Muskeln und Muskel-
gruppen, die ſogenannten inſtinctiven Handlungen und Reactionen ſind
die Folge einer präſtabilirten functionellen Einrichtung der Elemente des
centralen Nervenſyſtems und nicht etwa einer beſonderen Thätigkeit unſe-
res Geiſtes. Die Natur konnte ihm nicht dieſe Verhältniſſe anvertrauen,

---

[1]) Ebendaselbst p. 652.

weil er ſich gar nicht der Gründe, welche ſolche Verbindungen nothwendig machen, ohne beſondere Ausbildung und tieferes Studium bewußt iſt. Die Lehre von den Inſtincten darf daher nicht mehr in der Pſychologie rein theoretiſch behandelt werden, ſondern muß in dieſer Beziehung die phyſiologiſchen Data der Reflexthätigkeiten, der Functionen des verlängerten Markes, des kleinen Gehirnes u. dgl. zu Hilfe ziehen. Die nächſte Aufgabe der Phyſiologie aber iſt, dieſes Geſpinnſt der gegenſeitigen Verbindungen in dem centralen Nervenſyſteme mehr und mehr zu verfolgen und ſeine einzelnen Eigenſchaften immer vollſtändiger zu localiſiren.

2) Die höheren geiſtigen Thätigkeiten bedürfen nur vorzüglich der Vermittelung einer Abtheilung des centralen Nervenſyſtems, nämlich des großen Gehirnes, und hören, ſobald dieſes entfernt iſt, auf. Einzelne Regungen niederer Art, die wir auch im Schlafe, wie z. B. die Verbeſſerung der Körperſtellung, das Kratzen und ähnliche Bewegungen, das Aufſchrecken nach heftigen Exploſionen u. dgl. vornehmen können, verbleiben noch dem Thiere, deſſen Großhirnhemiſphären entfernt worden. Ihre Vermittelung liegt in denjenigen Organen, welche die inſtinctiveren Bewegungscombinationen regeln. Daſſelbe gilt von den unwillkürlichen Handlungen, die wir mit Bewußtſein oder ohne daſſelbe zu Stande bringen.

3) Die bloße Auffaſſung der Sinneseindrücke kann wahrſcheinlich ebenfalls ohne Großhirnhemiſphären, ihre geiſtige Verarbeitung dagegen nicht ohne dieſe beſtehen. Wenigſtens fühlen und ſchmecken noch Säugethiere, hören und ſehen die Vögel, denen die Großhirnhemiſphären genommen worden, und reagiren im Allgemeinen auf dieſe Sinneseindrücke in ähnlicher Art wie geſunde Geſchöpfe. Nur mangelt ihnen jede Thätigkeit, welche die Folge irgend einer geiſtigen Verarbeitung und Reaction der Sinnesempfindungen darſtellt. Der einzige Sinn, der mit den Großhirnhemiſphären in unmittelbarer Verbindung ſteht, iſt der des Geruchs. Er giebt deſſenungeachtet zu keinen höheren äſthetiſchen Verarbeitungen, wie das Geſicht in der Malerei, das Gehör in der Muſik, Veranlaſſung, verräth dagegen ſeine innigere Beziehung zu den Großhirnhemiſphären durch materiellere Wirkungen, wie z. B. durch die Betäubung, den Kopfſchmerz, die Ohnmachten, die Geſchlechtsaufregung und Wolluſtbegierden, die Gefühle des Ekels, das Erbrechen u. dgl., welche ſtarke Gerüche oder ſelbſt nur lebhafte Vorſtellungen derſelben veranlaſſen. Jedoch können auch lebhafte Erinnerungen an Geſchmacks- oder ſelbſt Geſichtseindrücken wenigſtens die letzteren Wirkungen veranlaſſen.

4) Gleichwie die rohen Sinnesempfindungen (mit Ausnahme der des Geruchs) ohne großes Gehirn möglich ſind, ſo kann auch umgekehrt das höhere geiſtige Denken bei dem Mangel der edelſten Sinneseindrücke beſtehen und durch Erziehung und fortgeſetzte Selbſtbildung zur Erkenntniß der moraliſchen Wahrheiten geführt werden. Die neuere Zeit, welche ſolchen Unglücklichen mehr Aufmerkſamkeit geſchenkt, hat in blinden Taubſtummen, denen ſelbſt noch die Entwickelung des Geruchs- und zum Theil des Geſchmacksſinnes mangelte und die ſonſt ohne Pflege thieriſch verkümmerten, die höhere geiſtige Ader geweckt und in einem merkwürdigen Grade

entwickelt [1]). Umgekehrt können die ſtärkſten Verirrungen des Geiſtes bei Wahnſinnigen beſtehen, ohne daß die Empfänglichkeit irgend eines Sinnesorganes vermindert iſt. Dagegen findet ſich Taubheit in vielen Fällen von Blödſinn oder Cretinismus, ohne daß jene nothwendig die alleinige Urſache der Geiſtesſchwäche darſtellt.

5) Kein Sinnesorgan kann die Energie eines anderen übernehmen, d. h. das Sehen vermag nur durch das Auge und den Sehnerven, das Hören bloß durch das Ohr und den Hörnerven u. dgl. Statt zu finden. Allein der gänzliche Mangel eines Sinneswerkzeuges zwingt zu einer außerordentlichen Uebung des anderen, und ſo kommt es, daß intelligente Blinde z. B. Dinge durch das Taſten wahrnehmen, welche wir nicht auf dieſem Wege, wohl aber durch das Geſicht erkennen.

6) Obgleich die Großhirnhemiſphären die Vermittler der höheren geiſtigen Thätigkeiten bilden, ſo können dieſe doch ſelbſt nach einem bedeutenden Subſtanzverluſt der erſteren fortbeſtehen. Einzelne Menſchen verloren eine große Parthie einer Großhirnhemiſphäre, ja die eine Halbkugel war faſt gänzlich organiſch zerſtört, ohne daß ihr Denken durchaus vernichtet wurde. Man kennt ſogar z. B. den Fall eines 29jährigen Mannes, der angeblich von Kindheit auf an Hemiplegie der linken Körperſeite litt und deſſen geiſtige Kräfte, wie es ſchien, keine Abweichung darboten, während ihm die ganzen Großhirnhemiſphären mit Ausnahme der Baſaltheile fehlten und ſelbſt noch Streifen- und Sehhügel abnorm beſchaffen waren [2]).

7) Während aber bedeutende einſeitige Desorganiſationen auf dieſe Weiſe ohne ſichtlichen Nachtheil vertragen werden können, greifen in der Regel ſelbſt minder ausgedehnte Verletzungen beider Hemiſphären tiefer ein. Dieſes erhärten ſchon die oben angeführten phyſiologiſchen Verſuche. Ein Hund, dem ein Theil des Daches beider Großhirnhemiſphären ausgeſchnitten worden, iſt ſtupider als einer, der einen tieferen Eingriff in eine Halbkugel erlitten hat. Was den Menſchen betrifft, ſo zeigt ſich keineswegs eine bloße ungleiche Größe beider Hirnhälften, wobei in der Regel die rechte als die kleinere erſcheint [3]), mit Geiſtesſtörungen nothwendig verbunden. Ausgedehnte Tuberkelbildungen, Vereiterungen, Ausſchwitzungen oder Erweichungen beider Großhirnhemiſphären dagegen ſind faſt immer mit Geiſtesſtörungen, Blödſinn, Sopor u. dgl. verknüpft.

8) Viele Forſcher legen auf die Verhältniſſe der Windungen der Großhirnhemiſphären ein großes Gewicht. Dieſe Gebilde ſollen bei ſehr geiſtreichen Menſchen zahlreicher und auf beiden Seiten aſymmetriſcher ſein. Es iſt zwar allerdings richtig, daß ſie in den verſchiedenen Gehirnen in hohem Grade von einander abweichen. Allein dieſer Geſtaltwechſel findet ſich auch an vielen inneren Theilen, vorzüglich der Seitenventrikel, wie z. B. der Vogelklaue, der Fimbrie, der Eminentia collateralis, dem

---

[1]) Eine analytiſche Zuſammenſtellung ſolcher Beobachtungen findet ſich in C. F. Burdach Blicke ins Leben. Bd. III. Leipzig, 1844. 8. S. 1—102.

[2]) Longet a. a. O. Tome I. S. 669.

[3]) H. Demme über die ungleiche Größe beider Hirnhälften. Würzburg, 1831. 8. S. 121.

Ammonshorn u. dgl. Eben ſo wenig liegen noch beſtimmte Thatſachen vor, um jene erwähnte Hypotheſe irgendwie zu begründen. Wir werden im Gegentheile bald ſehen, daß z. B. äußerlich Cretingehirne das Anſehen von ganz geſunden Hirnen ſelbſt rückſichtlich der Zahl und der Aſymmetrie ihrer Windungen darbieten können.

9) Einflußreicher erſcheinen die Theile, welche die Ventrikel des großen Gehirnes und vorzüglich die Seitenhöhlungen deſſelben begrenzen. Die tägliche ärztliche Erfahrung lehrt, daß die Anſammlung von Flüſſigkeit in ihnen, ſo daß die Kammern übermäßig ausgedehnt werden, Trübung des Geiſtes, Blödſinn, Sopor u. dgl. hervorruft. Aehnliche Waſſerergüſſe finden ſich bei Halbcretins und ſie fehlten auch nicht bei zwei Cretingehirnen, welche ich bis jetzt aus der Guggenbühlſchen Anſtalt zu unterſuchen Gelegenheit hatte. Die Seitenventrikel waren in beiden Fällen übermäßig ausgedehnt, ſo daß ein wahrer Hydrocephalus internus cerebri beſtand. Das eine Gehirn, welches auch mehr einer acquirirten Blödſinnform anzugehören ſchien, zeigte eine ausgedehnte Zerſtörung und Erweichung vorzüglich in den äußeren und hinteren Theilen der Seitenventrikel. Bei dem anderen dagegen beruhte wahrſcheinlich die übermäßige Ausdehnung der Seitenhöhlen auf einer einfachen Hemmungsbildung. Denn es exiſtirte auch in dem kleinen Gehirn ein Ventriculus cerebelli an der Stelle des Centraltheiles eines jeden Ciliarkörpers — eine Bildung, die wohl dem Embryo, nicht aber dem geſunden erwachſenen Menſchen eigenthümlich iſt. Die Windungen beider Großhirnhemiſphären der zwei Individuen waren ſo zahlreich, erhaben und aſymmetriſch, daß ich in dieſer Hinſicht keine poſitiveren Unterſcheidungsmerkmale ſelbſt bei genauerem Suchen auffinden konnte. Eben ſo wenig zeigte ſich die Zahl der Kleinhirnlamellen auffallend vermindert. Aehnliche Waſſeranſammlungen und Ausdehnungen der Seitenventrikel fanden auch Schiffner, Autenrieth und Laubreiß [1]) bei cretinartigen Geſchöpfen.

Erinnern wir uns, daß die Großhirnhemiſphären nicht bloß den Vermittler der Intelligenz bilden, ſondern daß an der Baſis in der Gegend des Sehhügels und des Ammonshorns die Medien der Bewegungen des Geſichtes und der Extremitäten zuſammenlaufen, ſo erklären ſich die meiſten der äußeren Erſcheinungen dieſer Unglücklichen, der unſtäte Gang, die unſicheren Bewegungen der Hände, die Schwäche der Rückenmuskeln, der thieriſche Geſichtsausdruck, die grinſenhafte Verzerrung bei dem Lachen und Weinen, das Schwerfällige der Zungenbewegungen, die Lähmung der Sprache, die Stumpfheit der Empfindung und der Mangel an geiſtiger Aufnahme der Sinneseindrücke von ſelbſt. Ja die von dem höchſten Grade des Cretinismus oder des Blödſinnes heimgeſuchten Individuen erinnern in mancher Beziehung an den Zuſtand eines Thieres, dem die Großhirnhemiſphären genommen worden. Die nöthige Coordination der Bewegungen iſt in beiden vorhanden. Allein es fehlt der Verſtand, die Nah-

[1]) Siehe die Zuſammenſtellung dieſer Erfahrungen bei O. Thieme Der Cretinismus, eine Monographie. Weimar, 1842. 4. S. 18. 19.

rung zum Munde zu führen. Beide müſſen von fremder Hand gefüttert werden und ſchlingen dann ſo lange fort, als man ihnen Nahrung einſtopft. Nur können jene kauen, was bei enthirnten Säugethieren nicht Statt findet. Der größte Schmutz iſt ihnen eben ſo angenehm, als die reinlichſte und wohlriechendſte Umgebung. Verwundungen, Verbrennungen und ähnliche Eindrücke erregen weit geringere Reactionen, als bei vollſinnigen Menſchen. Nur ein Trieb, der der Befriedigung der Geſchlechtsluſt, wacht im höchſten Grade und führt nicht bloß zur Ausübung des Coitus, ſondern auch zu Onanie und Manuſtupration der oft ſtark entwickelten äußeren Genitalien oder ſelbſt zu ſtrafbarer Gemeinſchaft mit Hausſäugethieren. Fruchtbare Cretinenehen gehören nicht zu den Seltenheiten.

Erſtreckt ſich auch der Waſſererguß auf das Mittelgehirn, ſo erblindet der Kranke. Seine Pupille erweitert ſich, bleibt ſtarr und gegen Lichteindrücke unempfindlich, oder ſelbſt ſeine Augen erhalten eine ſchielende Stellung. Der allgemeine Druck lähmt zugleich die Reſpiration, ſo daß die Athemzüge langſam und röchelnd werden, erzeugt Schleimbeſchwerden und ſelbſt ſchon bei leichterem Grade der Einwirkung Erbrechen.

10) Manche Schriftſteller nahmen an, daß der Menſch in Verhältniß zu ſeinem Körpergewicht das größte Gehirn beſitze. Allein auch dieſe Hypotheſe iſt nicht allgemein richtig, ſobald man ſich an die Normen des Erwachſenen hält. Die günſtigſte Proportion erſcheint in dieſer Hinſicht bei dem Neugeborenen, die ungünſtigſte in dem reiferen Lebensalter. Obgleich die abſolute Maſſe des Frauengehirns im Allgemeinen kleiner als die des männlichen iſt, ſo bleiben ſich doch die relativen Zahlen in Rückſicht auf das Körpergewicht im Weſentlichen bei beiden Geſchlechtern gleich. So z. B. fand Tiedemann [1]):

Alter in Jahren.	Verhältniß des Gewichtes des Gehirns zu dem des Körpers.	
	Männliches Geſchlecht.	Weibliches Geſchlecht.
Neugeborne	1 : 5,15 bis 1 : 6,63	1 : 6,29 bis 1 : 6,83
2 Jahre	1 : 14,58	» » » » »
3 »	1 : 18,01	» » » » »
8 »	» »	1 : 14,13
13 »	» »	1 : 17,93
15 »	1 : 24,75	» »
30—60 »	(Mittel) 1 : 41 bis 1 : 42	
30—50 »	(Mittel) » » » » »	1 : 40 bis 1 : 44.

Die Einzelwerthe für den Neugebornen, das kindliche und jugendliche Alter ſind natürlich nicht ſo ſicher als die Mittelzahlen, weil die Conſti-

[1]) F. Tiedemann Das Hirn des Negers mit dem des Europäers und des Orang-Outangs verglichen. Heidelberg, 1837. 4. S. 12 fgg.

tution, der Grad der Abmagerung und ähnliche Momente einen weſentlichen Einfluß auf ſolche Beſtimmungen ausüben.

Das Hirn des neugeborenen Mädchens wiegt 9—10, das des Knaben 13—14 Unzen Nürnberger Gewichtes. Das weibliche Gehirn iſt im Mittel 5 Unzen leichter als das männliche. Jenes hat durchſchnittlich 3 Pfund 12 Unzen, dieſes 3 Pfund 7 Unzen. Dieſe Hirngewichte vermindern ſich aber bei angebornem Blödſinne auf eine auffallende Weiſe. Tiedemann[1]) erhielt z. B. in dieſem Falle:

	Nürnberger Gewicht.		
	Pfund.	Unzen.	Drachmen.
10jähriges Mädchen	1	6	1
40jähriger Mann	1	11	4
50jähriger Mann	1	8	4

Mithin ergab ſich bei den beiden letzteren kaum die Hälfte des normalen Mittels. Am meiſten ſinkt wahrſcheinlich die Hirnmaſſe bei hohen Graden von Mikrocephalie.

Das große Gehirn des Menſchen iſt durchſchnittlich 6 bis 7 Mal ſo ſchwer als das kleine, das verlängerte Mark mit der Brücke und den Vierhügeln und das Rückenmark zuſammengenommen. Es bietet keine bloß intenſiv, ſondern auch eine quantitativ bedeutende Höhe ſeiner Ausbildung dar.

11) Die geiſtigen Thätigkeiten, deren materiellen Vermittler das große Gehirn vorzugsweiſe oder ausſchließlich bildet, zerfallen rückſichtlich der Ausdehnung ihrer Wirkungen in zwei ziemlich ſcharf geſchiedene Abtheilungen. Das ruhige Verſtandesdenken beſchränkt ſich nur auf das Gehirn. Die übrigen Functionen des Körpers werden nicht direct durch dasſelbe afficirt. Sogar die automatiſchen Thätigkeiten, wie z. B. Herzſchlag und Athmung, gehen im Gegentheil eher gemäßigter als angeregter von Statten. Anders dagegen verhält es ſich mit denjenigen Kraftäußerungen, welche wir mit dem Namen der Gemüthsbewegungen bezeichnen. Gleichwie das große Gehirn in dem kleinen, dem verlängerten Marke und dem Rückenmarke eine Claviatur vorfindet, welche es nur anzuſchlagen braucht, um die dem Totalganzen des Organismus und ſeiner Beſtimmungen entſprechenden Wirkungscombinationen anzuregen, ſo ſpringt die geiſtige Thätigkeit jener Kategorie ſogleich ins Materielle über, bewegt Herz und Athmung, macht erröthen oder erblaſſen und hat ſelbſt bei einzelnen Individuen noch andere Effecte auf die Verdauungs- und Harnwerkzeuge. Die kenntnißloſe Auffaſſung der Geiſteszuſtände verſetzt unmittelbar ſolche Regungen in diejenigen Organe, welche auf ſynergiſchem Wege nach dem Geſetze der peripheriſchen Reaction in eine verſtärkte Thätigkeit gerathen, und bezieht z. B.

[1]) a. a. S. 10.

den Muth auf das Herz, den Kummer auf die Lungen, den Zorn auf die Athemmuskeln oder die Naſe, den Aerger auf den Magen und die Leber u. dgl. Der gegenwärtige Stand der Nervenphyſiologie geſtattet nicht mehr ſolche Vorſtellungen, die übrigens auch ſchon an und für ſich auf unvollkommenen Auffaſſungen beruhen.

12) Die Regungen des Geſchlechtstriebes gehören in dieſelbe Kategorie. Der höhere Menſch zieht dieſe Anſchauungen in die vergeiſtigte Sphäre der Liebe hinüber und empfindet ideeller die Zuneigung, welche ihn mit anderen Weſen verknüpft, ohne dabei die materiellen Vorbedingungen der Erhaltung der Gattung im Auge zu haben. Wird dagegen die Begierde ſinnlicher, ſo greifen ſogleich ſynergiſche Veränderungen der äußeren Geſchlechtstheile ein. Der Penis ſteift ſich, und es bilden ſich wahrſcheinlich auch ähnliche Congeſtionen nach den weiblichen Genitalien. Daß aber die geiſtigen Momente, welche dieſe Folgen nach ſich ziehen, nur eine Abart der in Nr. 11 dargeſtellten Erſcheinungen ſeien, lehrt die Verwandtſchaft, welche zwiſchen Mitleid und Wolluſt unter krankhaften Verhältniſſen Statt findet, am deutlichſten. Es giebt Männer, welche Erectionen des Gliedes durch den Anblick einer körperlichen Infirmität bekommen, und Frauen, die ſogleich, nachdem ſie gerührt werden, Harn laſſen müſſen oder ſelbſt vielleicht eine erhöhte Wärme und Regung in ihren Genitalien ſpüren. Der Hang des weiblichen Geſchlechtes, ſich durch erſchütternde Scenen zu Gemüthsaffectionen hinreißen zu laſſen, der Trieb ungezogener Kinder, Thiere zu quälen oder gar zu verſtümmeln, die Neigung mancher Perſonen, vorzüglich von Mädchen, die an Amenorrhö leiden, Feuer anzulegen, das Bemühen Hyſteriſcher, ſich ſelbſt zum Gegenſtande des Intereſſes und Bedauerns zu machen und ähnliche Erſcheinungen beruhen vermuthlich auf jener engen Verbindung, welche zwiſchen Mitleid und Wolluſt Statt findet.

13) Da die Eindrücke der Sinneswerkzeuge ihre höhere geiſtige Verarbeitung erſt durch Vermittlung der Großhirnhemiſphären empfangen, ſo können ſie auch von dieſen aus ſynergiſch in Anſpruch genommen werden. Wir ſehen dieſes am deutlichſten bei allen jenen Thätigkeiten, welche die Pſychologie der Phantaſie zuſchreibt. Ein unbeſtimmter objectiver Eindruck, der das Auge oder das Ohr trifft, wird auf bewußte frühere Anſchauungen bezogen und daher auch unrichtig aufgefaßt. Ein flackernder weißer Gegenſtand erſcheint als ein Geſpenſt, ein fernes Sauſen als regelmäßiges Geläute u. dgl. Die Vierhügel, das verlängerte Mark arbeiten hier normal, das große Hirn dagegen krankhaft. Daher denn auch ſolche ſchiefe Anſchauungen bei Wahnſinnigen, im Delirium und, wie wir ſpäter ſehen werden, im Traume hervortreten. Umgekehrt erzeugen ſich aber auch auf dieſem Wege ſubjective Sinnesenergien, welche dann richtig oder falſch gedeutet werden. Dieſe letztere Richtung der Geiſtesthätigkeit kann ebenfalls im kranken wie im geſunden Zuſtande vorkommen. Wünſchen wir z. B. einen Menſchen zu ſehen, ſo glauben wir ihn in einer fernen Perſon, welche nur die geringſte Aehnlichkeit mit ihm in einer Beziehung darbietet, zu erkennen. Erinnern wir uns lebhaft an eine uns angenehme

Melodie, ſo klingt ſie uns im Ohre, wenn wir ſie ſelbſt momentan zu ſingen außer Stande ſind. Die ſubjective ſinnliche Anſchauung geht der klaren Auffaſſung häufig voran. Sie gehört gleichſam einem anderen Gehirngebiete, als der Befehl des Willens. In höherer Sphäre wiederholt ſich das Gleiche, wenn uns z. B. ein Wort, ein Name auf der Zunge liegt, ohne daß er unſerem Bewußtſein klar wird.

Hat uns eine Sinnesanſchauung anhaltend gefeſſelt, ſo drückt ſie ſich gleichſam in den entſprechenden Centraltheilen dergeſtalt ab, daß ſie auch ohne unſeren Willen im ſubjectiven Geſichtsfelde zum Vorſchein kommt. Hierher gehört das ſchon früher erwähnte Sinnengedächtniß. Ein Forſcher, welcher Stunden lang denſelben Stern durch ſein Fernrohr oder die gleiche Flimmerbewegung durch das Mikroſkop betrachtet hat, ſieht dieſe Gegenſtände noch Tage lang, ſobald er die Augen ſchließt. Daſſelbe gilt von den ſubjectiven Farbenbildern, welche durch Ueberreizung der Netzhaut z. B. bei der anſtrengenden Betrachtung der Sonne entſtehen (§. 1132). Eine Muſik, die uns in hohem Grade ergriffen, hallt uns lange im Ohre wieder. Alle dieſe Wirkungen treten um ſo ſtärker hervor, je mehr wir uns ſammeln, d. h. je weniger wir unſere Aufmerkſamkeit auf andere Dinge richten, ſondern uns paſſiv dem noch von ſelbſt thätigen Gehirntheile hingeben.

Da aber das Fortklingen der Eindrücke mit den Stimmungsverhältniſſen der entſprechenden Centralgebilde des Nervenſyſtems zuſammenhängt, ſo können auch umgekehrt Anſchauungen der Art bei vorhandener Anlage durch unwillkürliche oder willkürliche Anregung entſtehen. Hypochondriſten und Hyſteriſche, Leute mit Congeſtionen nach dem Kopfe leiden bisweilen an ſolchen ſie quälenden Lichtbildern. Göthe gab an, daß er bei geſchloſſenen Augen ein Bild willkürlich hervorrufen konnte, es ſich aber ſpäter von ſelbſt phantaſtiſch entfaltete und veränderte. Joh. Müller [1]) bemerkte vor dem Einſchlafen viele unwillkürlich entſtehende Bilder, welche er noch mit Bewußtſein verfolgen konnte. Ich ſelbſt wurde auch häufig in meinen Knabenjahren von ſolchen Phänomenen gequält, habe ſie aber ungefähr ſeit meiner Pubertätszeit gänzlich verloren.

14) Die Stimmung des großen Gehirns ändert ſich durch die verſchiedenſten Urſachen ſehr leicht und giebt dann die Wirkungen ihrer Metamorphoſe durch pſychiſche, wie körperliche Erſcheinungen zu erkennen. Eine ſtarke Erſchütterung, ein heftiger elektriſcher Schlag lähmt auf der Stelle und tödtet ſogleich oder erzeugt Betäubung, Mangel der Auffaſſung oder des Gedächtniſſes oder Irrereden. Die einſeitige mechaniſche Bewegung, welche durch Drehungen des ganzen Körpers oder nur des Kopfes veranlaßt wird, verurſacht Schwindel, ſei es, daß die Elemente des Gehirns eine Zeit lang nachſchwingen (Purkinje) oder die Veränderung der Circulation den Erfolg bedingt. Der Genuß weingeiſtiger Getränke, narkotiſche Gifte und Congeſtionen nach dem Kopfe erzeugen wahrſcheinlich auf chemiſchem Wege die gleichen Effecte, denen dann Irrereden, Tobſucht

[1]) Joh. Müller Physiologie. Bd. II. Abth. III. Coblenz, 1840. 8. S. 565—67.

und zuletzt Sopor nachfolgt. Die pſychiſchen Thätigkeiten ſind hierbei an die delicateſten materiellen Veränderungen geknüpft. Allein auch hier zeigt ſich wenigſtens im Anfange ein Unterſchied, welcher der in Nr. 11 erwähnten Differenz entſpricht. Der Dichter, der Krieger kann ſich ſeine Begeiſterung durch den Wein, welcher den Mathematiker in ſeinem reinen Denken nur ſtören würde, erhöhen.

Gewohnheit und Uebung verändern auch hier die Folgeerſcheinungen. Ein Menſch, der in ſeiner Jugend Bier getrunken, es aber ſpäter Jahre lang vollſtändig gemieden hat, wird dann leicht von kleinen Mengen desſelben berauſcht. Ein Weintrinker lernt durch Uebung immer mehr vertragen. Wie Manche, gerade wenn ſie den erſten Anfang des Rauſches haben, am beſten ſprechen, ſo richtet ſich die Stimmung des centralen Nervenſyſtemes bei Perſonen mit Säuferwahnſinn dergeſtalt ein, daß ſie nur, nachdem ſie wieder eine Portion geiſtiger Getränke zu ſich genommen, zu zittern aufhören und ordentlich ſchreiben und zeichnen können. Haben aber die Einwirkungen ſolcher ſchädlichen Subſtanzen eine Zeit lang gedauert, ſo leidet die Intelligenz bleibend, wie am beſten die Weintrinker und Opiumraucher beweiſen.

Während die Stimmung des großen Gehirns die Anſchauungen der Sinne modificirt, können auch dieſe letzteren jene erſtere verändern. Der Sehende ſchwindelt an einem Abgrunde und geht an einem Pfade unſicher, welchen der von feſter Hand geleitete Blinde ſicheren Fußes betritt. Wille und Gewohnheit können die Aufregung, die ſonſt unvermeidlich folgt, mäßigen oder unterdrücken. Ein Menſch, der auf einem Bergpfade oder einem hohen Thurme ſchwindelig wird, bleibt ruhig, wenn er den feſten Vorſatz, das Hinderniß zu überwinden, beſitzt, oder ſich der Folgen ſchämt. Wer eine Reiſe in höheren Alpengegenden unternimmt, wird von Tag zu Tag geſchickter, die ſteilſten und gefährlichſten Wege ſicheren Trittes zu überſchreiten. Wie ſehr auch die Gewohnheit die Art dieſer Eindrücke beherrſcht, zeigen einzelne Alpenführer, die kalten Blutes über Felſen gehen, von denen es kaum glaublich ſcheint, daß ein Menſch ſie erreichen kann, die aber gleich einem Kinde zittern, ſobald ſie ſich in einem Kahne den Fluthen eines größeren Sees anvertrauen ſollen.

15) Endlich haben wir früher (§. 137) ſchon geſehen, daß manche rein geiſtige Operationen des Denkens gewiſſe Normen der materiellen Proceſſe des Organismus wiederholen und auch hier vorzüglich die Geſetze der Anziehung des Analogen und des Gleichgewichtes wiederkehren. Hierauf beruhen die Erſcheinungen der Ideenaſſociation, der Begriffs- und der Schlußbildung.

16) Die bisher gegebenen Andeutungen liefern von ſelbſt das Urtheil, welches nach dem gegenwärtigen Stande der Phyſiologie über Cranioſkopie und verwandte Richtungen gefällt werden kann. Mit Gall, Spurzheim und ihren Nachfolgern die materielle Urſache gewiſſer geiſtigen Anlagen in den Formen einzelner Stellen des Schädels zu ſuchen, widerſpricht den poſitiven Thatſachen, welche Anatomie und Phyſiologie liefern. Die Oberfläche des Schädels bildet wegen der Dicke der Diploe, der Ungleichheit der

äußeren und inneren Knochenlamelle und der Einſchaltung der Stirnhöhlen keinen genauen Abdruck der Oberfläche des Gehirns. Wäre aber auch dieſes der Fall, ſo würde die Phrenologie ſchon deshalb in ihrem Grundprincipe fehlerhaft ſein, weil wir geſehen haben, daß ein Cretin die normalſten Großhirnhemiſphären mit den vollſtändigſten aſymmetriſchen Windungen haben kann, ohne daß die gewiſſenhafteſte Unterſuchung äußerlich eine Abnormität erkennt. Die Wandungen der Hirnhöhlen ſind für dieſe Erſcheinungen wichtiger und ihre Abnormitäten geben ſich oft nicht an der Außenfläche des Gehirns, geſchweige denn an der des Schädels zu erkennen. Anatomiſche Unterſuchungen führen zu der Vermuthung, daß die Umgebungen des Hinterhorns und des Unterhorns bei geiſtvolleren Menſchen vorzugsweiſe ſtark entwickelt ſind. Allein gerade dieſe Gebilde liegen ſo verborgen, daß ſich gar nicht über ihre Verhältniſſe bei ungeöffnetem Schädel urtheilen läßt. Sprechen aber ſchon ſolche Gründe gegen das Princip der Phrenologie, ſo geben die unrichtigen vergleichend-anatomiſchen Prämiſſen, von denen Gall ausging, und die willkürlichen und zum Theil unlogiſchen Eintheilungen der Geiſtesvermögen, deren ſich ſeine Anhänger heute noch bedienen, die beſte Rechenſchaft, weshalb nicht diejenigen, welche den Hirnbau gründlich ſtudirt haben, ſondern getäuſchte oder täuſchende Laien die Phrenologie auszubilden und zu verbreiten ſuchen. Vgl. G. H. Meyer die Phrenologie vom wiſſenſchaftlichen Standpunkte aus beleuchtet. Tübingen, 1844. 8.

Carus [1]) verſuchte in neuerer Zeit die Cranioſkopie von einer wiſſenſchaftlicheren Seite aus anzuregen. Abſtrahiren wir von den hypothetiſchen Annahmen, daß die vordere Hirnmaſſe der höheren Intelligenz, die mittlere dem Gefühle und die hintere dem Willen und den Trieben diene, ſo geben die Studien von Carus genaue Einzelmeſſungen von Schädeln ſehr intelligenter oder geiſtig ſehr verkrüppelter Perſonen. Obgleich ſich nun mit Gewißheit vorausſehen läßt, daß auch dieſe Bemühungen zu keinen ſcharfen Reſultaten führen werden, ſo wäre es doch möglich, daß einzelne Majoritätsregeln aus vielen Hunderten ſolcher Beſtimmungen entnommen werden könnten. Je ſchlüpfriger aber das Terrain iſt, auf dem man ſich hier befindet, um ſo mehr muß man ſich enthalten, irgend eine Deduction nach einzelnen Unterſuchungen vorzeitig aufzuſtellen.

1609 Der Schlaf des Menſchen bietet die nothwendige Erholung des Gehirns von ſeinen äußeren Willensthätigkeiten dar. Haben dieſe eine Zeit lang gedauert, ſo erlahmen die Kräfte, die Bewegungen werden träger, die Muskeln erſchlaffen. Die Sinneseindrücke verlieren an Energie, das Auge führt zwar Bilder vor, allein ſie erſcheinen trüb, neblig und geſtatten keine Detailſchärfe. Das Gleiche gilt von den Eindrücken des Gehörs und ſelbſt der anderen Sinneswerkzeuge. Hunger und Durſt treten vor der allgemeinen Abſpannung zurück. Die höhere Verarbeitung der äußeren

---

[1]) C. G. Carus Syſtem der Phyſiologie. Bd. III. Leipzig, 1840. 8. S. 337 fgg. Deſſelben Grundzüge einer neuen und wiſſenſchaftlich begründeten Cranioſkopie. Stuttgart, 1841. 8. Müller's Archiv. 1843. S. 149 fgg. C. G. Carus Atlas der Cranioscopie (Schädellehre). Heft I. Leipzig, 1843. 4.

Eindrücke ſchwindet immer mehr und mehr. Der Menſch z. B. verfolgt die Buchſtaben und Zeilen eines Buches, in dem er lieſt, faßt aber den Sinn derſelben nicht auf. Er hört, daß Jemand mit ihm ſpricht, verſteht ihn jedoch nicht recht und giebt deshalb entweder gar keine oder eine allgemeine und unpaſſende Antwort. Mittlerweile ſtellt ſich Gähnen und bei manchen Individuen Frösteln oder ein eigenthümliches Gefühl in der Haut des Schädels oder der Schläfen ein. Die Augendeckel fallen zu, die Augapfel rollen nach oben und innen und nehmen ſpäter in tiefem Schlafe andere Stellungen an (§. 1015). Die Muskulatur erſchlafft immer mehr. Die Sprache wird undeutlicher und zitternder. Steht der Menſch, ſo wanken ſeine Kniee; ſeine Arme fallen herab und die Strecker des Nackens und Rückens geben dergeſtalt nach, daß der Kopf nach vorn überfällt und ſich der Rücken krümmt. Die Umnebelung der Intelligenz nimmt immer mehr zu, bis endlich der wahre Schlaf ſelbſt eintritt.

Alle unwillkürlichen Thätigkeiten, wie Herzſchlag, Athmung, Magen- und Darmbewegungen gehen dann und zwar oft auf eine ruhigere und geregeltere Art vor ſich. Die Abſonderungen erleiden keine Störung. Die Combinationen der Bewegungen können ebenfalls auf zweckmäßige Weiſe zu Stande kommen. Der Schlafende liegt zwar ruhig und verträgt oft eine ſehr unbequeme Lage. Allein er kann ſie verbeſſern, ſich wenden, den Kopf und die Extremitäten anders legen, ſich an juckenden Stellen kratzen, ohne daß er erwacht. Hieraus folgt, daß das Rückenmark, das verlängerte Mark und das kleine Gehirn wenigſtens einen ſehr großen Theil ihrer Thätigkeiten bewahren und die Erſcheinungen des Schlafes vorzugsweiſe die Functionen der Großhirnhemiſphären verändern. Daher auch Thiere, welchen man die letzteren genommen, eine gewiſſe äußere Aehnlichkeit mit ſchlafenden Geſchöpfen darbieten und wie dieſe eine Neigung beſitzen, ihre Augenlider geſchloſſen zu halten. Eben ſo ändern ſie ihre unbequeme Lage, kratzen ſich, athmen in der Regel ruhig, verſtärken aber ihre Reſpiration nach äußeren paſſenden Einwirkungen u. dgl. mehr.

Es iſt bis jetzt unmöglich geweſen, die materiellen Veränderungen im 1610
Gehirn, welche den Schlaf bedingen, irgendwie zu erforſchen. Nach den Beobachtungen von Barkow zeigen die Capillaren und Venen des Gehirns winterſchlafender Thiere eine größere Blutfüllung. Ob etwas der Art bei ſchlafenden Menſchen und Säugethieren wiederkehre und auf dieſem Wege eine veränderte Stimmnng der Nervenkörper des großen Gehirns entſtehe, iſt noch gänzlich unbekannt.

Bieten aber auch die Großhirnhemiſphären die weſentlichſten Erſchei- 1611
nungen der Ruhe im Schlafe dar, ſo bleiben ſie doch keineswegs vollkommen unthätig. Die Umnebelung des Bewußtſeins hindert zwar, daß objective Eindrücke gehörig aufgefaßt und entſprechende Willensbefehle den größeren Muskelgruppen ertheilt werden. Allein hierbei fehlt nicht nothwendig eine andere mehr phantaſtiſche Selbſtbeſchäftigung des Geiſtes, die wir, wenn ſie zuſammenhängender wird, Traum nennen. Viele ſehen ſchon gewiſſe Bilder, die ſich häufig zu vollkommenen Geſtalten

gruppiren, bei dem Einſchlafen. Träumt der Menſch, ſo werden ſie dann mit phantaſtiſchen Vorſtellungen, die in der Regel unſinnig ſind oder mindeſtens von den gewöhnlichen regelmäßigen Erſcheinungen abweichen, verbunden.

Der Gegenſtand der Traumerſcheinungen wird ſehr häufig durch äußere Veranlaſſungen angeregt. Wir liegen unbequem und träumen dieſer Unbehaglichkeit wegen, daß uns ein Menſch herabſtürzen, feſſeln, tödten wolle. Wir berühren mit den Füßen die Bettplatte, haben uns in das Leintuch verwickelt und glauben, daß wir an den Füßen gebunden fortgeſchleppt würden. Füllt ſich gegen Morgen unſere Harnblaſe und reizt die Nerven des Penis, ſo daß ſich dieſer ſteift, ſo miſchen ſich leicht üppige Bilder in unſere Traumerſcheinungen, ſo daß wir mit einer Ejaculation aufwachen.

Eine andere Veranlaſſung bildet die Erinnerung an Perſonen und Handlungen, die uns vor einiger Zeit, ſeltener ſolche, die uns wenige Stunden vor dem Einſchlafen beſchäftigten. Sie figuriren bald in ziemlich glaubhaften, bald in ausgezeichnet thörichten und in der Wirklichkeit unmöglichen Combinationen. Der erſte Anfang der Begebenheit iſt richtig; ſie artet aber ſogleich in das kraſſeſte Phantaſieſpiel aus. Wer ſich anhaltend mit wiſſenſchaftlichen Studien beſchäftigt hat, wird hin und wieder finden, daß er die ſchwierigſten Probleme im Traume zu ermitteln glaubt. Erinnert er ſich aber im Wachen der Auflöſung, ſo erſcheint ſie in der Regel als Unſinn.

Die Freude und Angſt, welche die Traumerſcheinungen bedingen, haben ähnliche materielle Folgen wie im bewußten Zuſtande. Der Schlafende kann daher lachen, weinen, ſchreien, vor Angſt ſchwitzen, wüthend um ſich ſchlagen, zum Bette herausſpringen u. dgl. mehr.

Die räthſelhaften Zuſtände des Nachtwandelns deuten an, daß noch ſelbſt im Schlafe ein zweckmäßiger Willensbefehl neben der Umnebelung der durch die Eindrücke der Außenwelt bedingten Vorſtellungen beſtehen kann. Im Grunde genommen findet dieſes ſchon bei dem Soldaten, der z. B. Wache ſtehend oder marſchirend ſchläft, Statt. Der Schlafwandelnde geht noch einen Schritt weiter und bewegt ſich gleich einem Wachen, öffnet ſich Thür und Fenſter und ſucht ſich den geeigneten Pfad, um auf die Dächer oder zu anderen freien Punkten zu gelangen. Daß er hierbei nicht ſchwindelig wird, hat denſelben Grund, weshalb auch der Blinde ſolche Störungen nicht erfährt (§. 1608. Nr. 14.), der Sehende dagegen oder der plötzlich aufgeweckte Nachtwandler von ihnen heimgeſucht wird. Dagegen bedürfen die Angaben, daß manche Perſonen während des Schlafwandelns eine beſondere Erhöhung ihrer geiſtigen Kräfte darbieten [1]), und der Mondſchein nicht wie ein gewöhnliches Licht, dem ſolche Somnambulen nachgehen, wirke, einer genaueren Conſtatirung, bevor ſie als unzweifelhafte Facta angenommen werden können.

Die verſchiedenen Grade der Ohnmacht geben ebenfalls deutliche Belege für dieſe mannigfachen Aeußerungen der Veränderung des Gehirneinfluſſes. Der Menſch verliert entweder nur das Vermögen, durch ſeinen Willen auf ſeine Muskeln zu reagiren, empfindet aber noch die Sinneseindrücke mit ziemlicher Klarheit, oder auch dieſe ſchwinden, nachdem ſich vorher ſubjective Geſichts- und Gehörserſcheinungen eingeſtellt haben. Nur ſtarke und plötzliche ſenſible Reize, wie das Beſpritzen mit kaltem Waſſer oder kältebildenden Flüſſigkeiten, z. B. Aether, oder das Riechen an Ammoniak, Hoffmann'ſche Tropfen u. dgl. wecken das ſchlafende Bewußtſein und machen es auch für andere Sinneseindrücke empfänglich.

---

[1]) Beiſpiele der Art ſiehe in Nudow Verſuch einer Theorie des Schlafes. Königsberg, 1791. 8. S. 161 fgg.

Die Erholung des Schlafes iſt um ſo nothwendiger, je mehr der Kör- 1612
per und der Geiſt durch die vorhergehende Abſpannung erſchöpft worden. Kinder bedürfen daher ſeiner eher als Erwachſene (§. 143), und Schwache häufiger als Starke. Allein auch das Gehirn ſelbſt muß eine gewiſſe regelrechte Stimmung beſitzen, wenn ein wahrhaft erquickender Schlaf eintreten ſoll. Alte Leute entbehren ihn deshalb häufig. Menſchen, welche ſich durch zu ſehr angeſtrengte Studien erſchöpft haben, leiden oft auf eine ſehr hartnäckige Weiſe an Schlafloſigkeit. Manchen hilft dann das Leſen des trivialſten Romans; Anderen der Genuß eines Glaſes Wein, der ſie zum Theil berauſcht. Nervenfieberkranke, Maniatiſche, Menſchen mit Säuferwahnſinn können den Schlaf nicht finden, und der Eintritt deſſelben, wenn er ruhig und ſanft iſt, bildet häufig das erſte Kennzeichen der Beſſerung, während der Sopor nur das Uebel verſchlimmert und häufig zum Tode führt.

Die Neigung zum Einſchlafen, welche man ſo häufig nach dem Eſſen empfindet, ſcheint darauf zu beruhen, daß eine mit noch nicht hinreichend verarbeiteten Nahrungsſtoffen geſchwängerte Blutmaſſe das Hirn afficirt. Zugleich geht dann die Verdauung während des Liegens beſſer von Statten. Die Nervenſpannung, welche den Coitus begleitet, macht auch bei Vielen das Bedürfniß des Schlafes dringender und den letzteren feſter.

Er iſt in der Regel in den erſten Stunden tiefer und nimmt ſpäter 1613
an Intenſität ab, ſo daß dann der Menſch leichter aufgeweckt wird. Hat ſich das Nervenſyſtem gehörig erholt, ſo beſteht das Erwachen in einer allmäligen Wiederkehr zur Auffaſſung äußerer Eindrücke. Während das Bewußtſein allmälig, aber ziemlich raſch zurückkommt, öffnet der Menſch die Augen, reibt dieſelben, ſtreckt und dehnt den Körper und fühlt ſich zu neuer Arbeit gekräftigt. Seine Muskeln ſind ſtärker, ſeine Sinne, vorzüglich ſeine Augen, feiner und für ſubjective Phänomene empfänglicher, ſein Geiſt heller. Fand aber ein plötzlicher Uebergang aus dem ſchlafenden in den wachen Zuſtand Statt, ſo ſtellt ſich leicht Kopfſchmerz und Unbehaglichkeit ein.

Hat auch der Schlaf 7—8 Stunden gedauert, ſo meldet ſich doch 1614
nicht der Hunger ſogleich nach dem Erwachen. Dieſes iſt nur bei nervenſchwachen Perſonen, bei Leuten mit vorangegangenen geſchlechtigen Aufregungen der Fall. Dagegen erſcheint der Mund trocken, mit zähem Schleime gefüllt und der Athem übelriechend. Die ausgedehnte Harnblaſe regt bald das Bedürfniß des Urinirens an und der ſchon im Schlafe eher frierende und in der Regel durch warme Bedeckung geſchützte Menſch iſt oft unmittelbar nach dem Erwachen gegen Kälte empfindlicher als ſonſt.

Die Störung des Schlafes ist auf so mancherley Art, so mehr der Seele 1612 als dem Leib, durch die vorhergehende Bezeichnung erkannt worden. Kinder schlafen mehr fester als Erwachsene (S. 1417), und Schwache häufiger als Starke. Allein auch das Gehirn selbst muß eine gewisse regelmäßige Spannung besitzen, wenn ein ruhiger [illegible] Schlaf eintreten soll. Alte Leute entbehren ihn deshalb häufig. Menschen, welche sich durch zu sehr angestrengte Geistesarbeiten [illegible], leiden oft auf eine [illegible] Weise an Schlaflosigkeit. Manchem giebt dann das Lesen des einförmigen Romans, Anderen der Genuß eines Glases Wein, der die ganze Nacht hindurch [illegible], Magnesia, Brausen mit [illegible] [illegible] den Schlaf nicht finden, und der Kranke ergreifen, wenn [illegible] ist, bisher häufig das erste Kennzeichen der Besserung, während der [illegible] das Übel verschlimmert und häufig zum Tode führt.

Die Neigung zum Einschlafen, welche man so häufig nach dem Essen verspürt, scheint daraus zu erklären, daß eine mit noch nicht verdauten [illegible] Nahrungsstoffen [illegible] Blutmasse das Hirn afficirt. [illegible] geht dann die Verdauung während des Liegens besser von Statten. Die [illegible], welche den Genuß begleitet, mag auch der Seelen zur Erholung des Schlafes bringender und den [illegible] seyn.

Erscheint der Regel in den ersten Stunden tiefer und nimmt später 1613 an Innigkeit ab, so daß dann der Mensch leichter aufgeweckt wird. Bei [illegible] Personen [illegible] erhellt, ob [illegible] das Erwachen in einer [illegible] [illegible] zur Besinnung äußerer Eindrücke. Mattere und Schwächere nämlich, aber allmälig [illegible] zurückkommt, öffnet der Mensch die Augen, reibt [illegible], streckt und dehnt den Körper und fühlt sich zu neuer Arbeit gekräftigt. Seine Muskeln sind [illegible], seine Sinne [illegible] seine Augen, seiner und [illegible] [illegible] [illegible], [illegible] [illegible]. Tritt aber ein plötzlicher Uebergang aus dem [illegible] in den [illegible] Zustand [illegible], so fühlt sich leicht [illegible] und [illegible] [illegible] ein.

Daß auch der Schlaf des Säuglings [illegible], so [illegible] [illegible] 1614 [illegible] [illegible] Erwachen. Dieses ist auf [illegible] [illegible] Personen, bei Leuten mit [illegible] [illegible] [illegible] der Fall. Dagegen erscheint der [illegible] [illegible], und [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]. Die [illegible] [illegible] [illegible] das Erwachen des [illegible] an [illegible] [illegible] Schlafe [illegible] [illegible] und in den [illegible] durch [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] unmittelbar nach dem Erwachen gegen [illegible] [illegible] [illegible].

[1] [illegible]
1801. [illegible] S. 167 [illegible]

Specielle Phyſiologie.

Dritte Abtheilung.

Die Lehre von der Zeugungsthätigkeit und der Entwickelung der Functionen.

Zeugung.

Die Grundbeſtimmung der Zeugungsthätigkeiten iſt die Erhaltung der 1615
Art oder der Zweck, Erſatzweſen für die abgelebten älteren Individuen zu ſchaffen, die Exiſtenz der Species gegenüber der materiellen Vergänglichkeit der Einzelnen zu bewahren und die Zahl der Letzteren allmälig zu vergrößern. Sie bilden daher auch vegetative Functionen, die zunächſt eine Reihe eigenthümlicher Ernährungsfolgen veranlaſſen und als Schluß derſelben einen ſelbſtſtändigen neuen Organismus liefern. Hat aber auch die Natur den Begattungstrieb der Thiere und des Menſchen mit den höheren nervöſen Lebensäußerungen inniger verknüpft und mit den feinſten ſinnlichen Wolluſtgefühlen verbunden, ſo geſchah dieſes offenbar nur in der Abſicht, um deſto ſicherer die Vernachläſſigung einer Function, die an und für ſich nur ein untergeordnetes Intereſſe für das organiſche Einzelweſen gehabt hätte, für den Schöpfungsplan hingegen eine weſentliche Bedeutung beſitzt, zu verhüten.

Die Zeugung des Menſchen und der höheren Thiere iſt an die Be- 1616
dingung geknüpft, daß zwei geſchlechtig verſchiedene Individuen derſelben oder wenigſtens verwandter Arten, männliche und weibliche Organismen, in beſtimmter Weiſe gemeinſchaftlich thätig ſind. Viele niedere Geſchöpfe dagegen zeigen noch eine andere eigenthümliche Modification dieſer zweigeſchlechtigen Generationseinrichtung. Es exiſtiren zwar auch bei ihnen männliche und weibliche Genitalien, ſind aber nicht auf zwei Individuen, wie bei uns, vertheilt, ſondern finden ſich in einem und demſelben organiſchen Weſen und machen daher dieſes zum Hermaphroditen. Wie dem nun auch ſei, wie ſehr die Größe, Geſtalt und Zahl der einzelnen Parthien der Geſchlechtswerkzeuge wechſeln mögen, ſo bleiben doch die Grundelemente, welche die Zeugung zunächſt bedingen, überall die gleichen. Das männliche Individuum liefert vom Räderthiere bis zu dem Menſchen hinauf eine mit Spermatozoen verſehene Samenflüſſigkeit, das weibliche dagegen das mit einem Keimbläschen und meiſtentheils mit einem oder mehreren Keimflecken verſehene Ei. Wo das letztere in einer Thierart vorhanden iſt, fehlt auch nicht, wie man faſt mit Gewißheit annehmen kann, das erſtere, und umgekehrt.

Während aber immer das neue Weſen, welches ſeinen Urſprung einer 1617
geſchlechtigen Zeugungsweiſe verdankt, aus einem Eie hervorgeht, beſitzen viele niedere Thiere gleich den Pflanzen das Vermögen, einzelne Stücke

ihres Organismus, und nicht bloß ein beſtimmtes beſonderes Product ihrer Geſchlechtswerkzeuge als den Keim des nachfolgenden, ihnen gleichartigen Geſchöpfes herzugeben. Dieſe geſchlechtsloſe Zeugung kommt entweder durch Knospenbildung oder mittelſt einer natürlichen oder künſtlichen Theilung zu Stande. Eine andere eigenthümliche, ſpäter noch zu betrachtende Modification der inneren Fortpflanzung bezeichnet man mit dem Namen der Innenzeugung.

1618 Die erſte Erſchaffung organiſcher Weſen bildet natürlich keinen Vorwurf der empiriſchen Naturforſchung. Dagegen muß dieſe allerdings die Frage, ob noch jetzt unter unſeren Augen neue Organismen durch unmittelbare Combination organiſcher oder unorganiſcher Elemente entſtehen, ſo weit es angeht, unterſuchen. Man nennt eine ſolche hypothetiſch angenommene Generationsweiſe, bei welcher mithin das junge Geſchöpf aus keinem ihm gleichartigen mütterlichen Organismus entſtehen ſoll, die Urzeugung (Generatio aequivoca, heterogenea, s. inaequalis). Im Gegentheil hierzu heißt diejenige, welche auf geſchlechtigem Wege oder durch Knospenbildung oder Theilung erfolgt, die gleichartige oder mütterliche Zeugung (Generatio homogenea s aequalis).

1619 Es liegt in dem Weſen des mit den ſtarren möglichſt allgemein durchgeführten Naturgeſetzen weniger vertrauten Menſchen, ſich durch äußere Erſcheinungen blenden und zur Annahme von Ausnahmsfällen verleiten zu laſſen, wo die ewige Regel auf eine verſtecktere, weniger unmittelbare Weiſe hervortritt. Die Vertheidigung ſolcher Hypotheſen, die eben ſo ſehr auf unvollſtändigen Erfahrungen, als bloßen Gefühlsanſchauungen beruhen, iſt dann um Vieles leichter, als der in Betreff aller Einzelfälle durchzuführende Gegenbeweis der überall wiederkehrenden Normen. Der uns hier beſchäftigende Gegenſtand liefert einen deutlichen Beleg dieſes Satzes. Die Alten ließen nicht bloß die niederſten, ſondern auch höhere Organismen, wie Inſekten, Würmer und ſelbſt Aale aus den unreinen Miſchungen, in welchen ſie vorkommen, entſtehen. Redi ſchnitt aber dieſen Hypotheſen ein großes Feld durch den Nachweis ab, daß viele ſolcher Thiere ihre Eier oder Junge in faulende Subſtanzen abſetzen, weil dieſe den günſtigſten Mutterboden für deren Entwickelung liefern. Noch blieb jedoch die bedeutende Maſſe mikroſkopiſcher Pflanzen und Thiere, welche binnen Kurzem in Aufgüſſen in reichlichſter Menge erſcheinen, noch die Unzahl von Schmarotzern, die oft, wie z. B. die Läuſe bei der Läuſeſucht, innerhalb weniger Tage zu vielen Tauſenden an einem Menſchen zum Vorſchein kommen, noch das Heer der Eingeweidewürmer, welche bisweilen in den verborgenſten Theilen des Körpers Platz nehmen, jener kindlichen Auffaſſungsweiſe disponibel. Die nur zum Theil geſchlagene Urzeugung zog ſich hier auf ein durch die Schwierigkeiten der Unterſuchung verſchanztes Terrain zurück, auf welchem ſie erſt nach und nach ihre ſichere Baſis ebenfalls verloren hat.

1620 Schon einzelne ältere Forſcher, wie z. B. Spallanzani, bemühten ſich, auf dem Wege des Experiments nachzuweiſen, daß äußere Einflüſſe, welche organiſirte Keime zu zerſtören im Stande ſind, die Bildung von

Infuſorien oder von niederen Organismen überhaupt unmöglich machen. Die ſorgfältige Austrocknung der faulenden organiſchen Subſtanzen, die vollkommene Abhaltung der Luft und der Feuchtigkeit, das anhaltende Auskochen und der hermetiſche Verſchluß der Löſungen oder der ausſchließliche Zutritt einer Atmoſphäre, in welcher vorher alle organiſchen Keime mittelſt ätzender Subſtanzen, z. B. des kauſtiſchen Kali gänzlich zerſtört worden, bilden z. B., wie wir jetzt wiſſen, hemmende Momente der Art. Hierzu kommen noch die neueren von Ehrenberg zuerſt angeregten Beobachtungen, nach denen ſich die niederen organiſchen Weſen, wie z. B. die einfachſten Schimmel und Pilze, die polygaſtriſchen Infuſorien durch Sporen, Knospen, Theilungsbildungen u. dgl. fortpflanzen und ſich auf dieſem Wege binnen ſehr kurzer Zeit in einer Art vervielfältigen können, wie es auf den erſten Blick kaum möglich zu ſein ſcheint. Noch ein Räderthier, wie Hydatina senta, iſt nach Ehrenberg im Stande, innerhalb 24 Stunden viele Tauſend Individuen durch immer nachfolgende Generationen zu erzeugen. Hieraus erklärt ſich leicht, weshalb die Einimpfung einer ſehr geringen Menge eines Schimmels oder kleiner Infuſorien binnen ſehr kurzer Zeit eine ausgedehnte Verbreitung dieſer organiſchen Weſen auf günſtigem Mutterboden bedingt. Berückſichtigt man aber die ſo große Kleinheit und Leichtigkeit der Keime ſolcher mikroſkopiſcher Organismen, ſo fällt wenigſtens die Nothwendigkeit der Vorausſetzung, daß hier keine mütterliche Zeugung möglich ſei, ſelbſt unter den ſcheinbar ungünſtigſten Verhältniſſen, hinweg. Die meiſten Schwierigkeiten gewähren noch die unter dem Namen Gährungspilze bekannten Schimmel, welche bei den Fermentationsproceſſen auftreten. Da aber keine Gährung ohne freien Zutritt der Atmoſphäre Statt findet, ſo kann man es wenigſtens als möglich annehmen, daß ihre ſehr kleinen Sporen von außen her herbeigeführt werden.

Das genauere Studium der Entwickelung der Eingeweidewürmer 1621
liefert ähnliche Ergebniſſe. Wir wiſſen, daß ſehr viele Entozoen, bevor ſie ihren ausgebildeten geſchlechtsreifen Zuſtand erlangen, eine Reihe der verſchiedenartigſten Metamorphoſen durchlaufen. Sie nehmen hierbei nicht ſelten nach und nach Geſtalten an, welche an Infuſionsthierchen, Filarien, Trematoden u. dgl. erinnern, und erreichen zu einer gewiſſen Zeit ihres Lebens ein Stadium, in welchem ſie mit Waffen verſehen ſind, um ſich durch die weicheren Gewebe des thieriſchen Körpers hindurchzubohren und aus ihm heraus in das umgebende Waſſer, oder umgekehrt aus dieſem in jenen zu gelangen. Es exiſtiren ſchon jetzt nicht wenige Beiſpiele, in welchen man ſolche Geſchöpfe auf ihren Wanderungen ertappte, und es unterliegt daher keinem Zweifel, daß viele Eingeweidewürmer zu einer beſtimmten Periode ihrer Exiſtenz im Freien leben und erſt ſpäter wiederum in ein thieriſches Wohnhaus zurückkehren. Auch ihr ſo ſehr verborgener Aufenthalt in dieſem erſcheint weniger räthſelhaft, wenn man bedenkt, daß man einzelne junge Entozoen, z. B. Filarien der Fröſche im Blute derſelben vorfand und mit ihm herumkreiſen ſah, mit einem Worte, die gewiſſenhafteſten Unterſuchungen lieferten Anzeichen, daß auch hier wenigſtens

in ſehr vielen Fällen eine mütterliche Zeugung exiſtirt und bloß durch eine Reihe eigenthümlicher Lebensverhältniſſe verborgener als ſonſt bleibt.

1622 Dieſe Erfahrungen beſtätigen am Ende aber nur dasjenige, was durch die anatomiſche Beobachtung angedeutet wird. Viele der höheren Entozoen führen eine außerordentliche Menge von Eiern. Ein einziger Bandwurm (Bothryocephalus latus) des Menſchen z. B. enthielt nach Eſchricht[1] mehr als 10000 Glieder. Jedes derſelben beſitzt männliche und weibliche Geſchlechtstheile, und in den letzteren mehrere Hundert Eier. Ihre Zahl ſtieg alſo in einem Thiere mindeſtens auf einige Millionen. Sie können unmöglich zwecklos vorhanden ſein, und die natürlichſte Erklärung ihrer ſo großen Menge beſteht in der Annahme, daß die außerordentlichen Schwierigkeiten, welche ſich der Entwickelung und Einniſtung dieſer Geſchöpfe entgegenſetzen, beſondere Vorſichtsmaßregeln für die ſichere Erhaltung der Art nothwendig machten.

Um nur einige der auffallenderen hierher gehörenden Beiſpiele anzuführen, ſo läßt ſich die Wanderung der Entozoen nach außen, nach den Beobachtungen von Mieſcher[2], bei einigen Seefiſchen, wie z. B. Trigla gurnardus, lyra, cuculus, lineata, Trachinus draco, Gadus merlangus, folgendermaßen verfolgen. Es finden ſich hier zahlreiche Filarien, welche theils frei in der Bauchhöhle, theils unter dem Bauchfellüberzuge der Eingeweide und zwiſchen den Platten des Gekröſes liegen. Manche derſelben ſind haufenweiſe in Bälgen eingeſchloſſen. Neben ihnen zeigen ſich chryſalidenartige Körper, die dann in ihrem Innern ein anderes trematodenartiges Geſchöpf enthalten. Es iſt nach der Analogie der Entwickelung anderer Entozoen wahrſcheinlich, daß ſich die Filarien verpuppen und dann die Trematode in ſich erzeugen, nach und nach aber bis auf ihre Hülle aufgezehrt werden. Später entwickelt ſich in dem Hintertheile der Trematode eine Höhle, die ein neues Entozoon, einen Tetrarhynchus, enthält. Mutter- und Tochterthier haben ſelbſtſtändige, von einander unabhängige Bewegungen. Jenes wird wiederum in Folge der ſelbſtſtändigen Bildung des letzteren aufgezehrt. Der Tetrarhynchus erzeugt dann an ſeinem hinteren Ende ein bandwurmartiges Glied, wird frei, bohrt ſich wahrſcheinlich durch das Zwerchfell nach dem Herzen hindurch und braucht hier nur noch eine dünne Haut zu durchſetzen, um in die Kiemenhöhle und von da in das Seewaſſer zu gelangen. Daß dieſes der Fall ſei, wird noch durch das Vorkommen ähnlicher Tetrarhynchi in dem offenen Mantelſacke von Loligo sagittata unterſtützt. Eben ſo läßt ſich mit Recht annehmen, daß vermuthlich vollkommene Bandwürmer als Endreſultat hervorgehen. Denn einerſeits ſind noch dieſe Tetrarhynchi mit keinen Geſchlechtswerkzeugen verſehen und anderſeits fanden ſich auch ausgebildete Exemplare von Bothryocephalus corollatus Rud. und neben ihnen ein mit einigen Bandwurmgliedern verſehener und in einem Balge eingeſchloſſener Tetrarhynchus in dem Spiraldarme von Notidanus griseus vor.

Umgekehrt traf Eſchricht[3] in den Monaten September bis December Echinorhynchi in den Muskeln des Dorſches an und vermuthet, daß ſie auf ihrer Wanderſchaft in die inneren Eingeweide begriffen geweſen. Eben ſo fand ich[4] in Cyprinus tinca zahlreiche größere und kleinere Exemplare von Echinorhynchus nodulosus von verſchiedener Größe. Ein Theil derſelben lag nur loſe am Darm an; ein anderer dagegen hatte ſich ſchon in die Darmhäute und zwar in der Richtung von außen nach innen eingebohrt. Die mikroſkopiſche Unterſuchung des Gekröſes zeigte neben größeren und kleineren Kratzern zahlreiche Puppen, neben welchen lebhaft ſich bewegende Filarien exiſtirten. Ob ſie

---

[1]) D. F. Eschricht Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Bothyrocephalen. Breslau und Bonn, 1840. 4. S. 144.

[2]) Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel vom August 1838 bis Juli 1840. IV. Basel, 1840. 8. S. 25—39.

[3]) a. a. O. S. 147.

[4]) Repertorium Bd. VI. 1841. 8. S. 51.

mit den Echinorhynchen in Beziehung ſtanden, blieb unentſchieden. Dieſes Eindringen von außen läßt ſich aber nach Steenſtrup [1]) an den Eingeweidewürmern einzelner Süßwaſſerſchnecken am deutlichſten verfolgen. Man findet nämlich ſehr häufig Cercarien in dem Waſſer, in welchem man Schnecken, z. B. Limnaeus stagnalis und Planorbis corneus aufbewahrt. Sie werfen ſpäter ihre Schwänze ab, bohren ſich in die Haut der Thiere ein, gelangen dann, während ſie ſich verpuppt und in Diſtomen verwandelt haben, in das Innere und leben hierauf in dem Darme, den Geſchlechtstheilen, den Umgebungen des Schlundringes u. dgl. mehr.

Der Froſch giebt das einfachſte Beiſpiel für das Circuliren der Eingeweidewürmer im Blute. Während nämlich nicht ſelten eine große Filaria in dem Darme von Rana esculenta wohnt, findet man oft zahlreiche braune länglichrunde Körper in und an der Muskelhaut des Magens und vorzüglich des oberen Theiles des Dünndarmes. Sie ſind hornige Eier oder ähnliche Gebilde, in denen häufig kleine Filarien leben. Dieſe verlaſſen dann auch nicht ſelten ihre Wohnung und halten ſich bei manchen Fröſchen in äußerſt reichlicher Menge in dem Inneren der Blutgefäße, z. B. der Bindehaut des Auges, auf. Ein Mal ſah ich ſogar mehrere bei der Betrachtung des Kreislaufes der Schwimmhaut des Hinterfußes in den Capillaren deſſelben circuliren. Obgleich ſie durch die Kraft des Blutſtromes fortgeriſſen wurden, ſo machten ſie doch noch ſelbſtſtändige Bewegungen und ließen ſich keineswegs ſo paſſiv wie die Blutkörperchen hintreiben.

Speciellere Detailserfahrungen über dieſe und ähnliche Erſcheinungen finden ſich in: F. J. Schmitz De vermibus in circulatione viventibus. Berolini, 1826. 8. p. 15—19. C. Th. v. Siebold in C. F. Burdach die Phyſiologie als Erfahrungswiſſenſchaft. Bd. II. Zweite Auflage. Leipzig, 1837. 8. S. 183 fgg. F. Miescher Beschreibung und Untersuchung des Monostoma bijugum. Basel, 1838. 4 und Bericht über die Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. IV. Basel, 1840. 8. S. 25 fgg. Streckeisen ebendaselbst. S. 41. D. F. Eschricht in den Verhandlungen der Leopoldinisch-Carolinischen Academie der deutschen Naturforscher und Aerzte. Bd. XIX. Suppl. II. Breslau und Bonn, 1841. 8. S. 1—152. De functionibus nervorum p. 144. Nota 1. Müller's Archiv. 1840. S. 317. und 1841. S. 435. Repertorium Bd. VI. S. 50 fgg. J. J. Steenstrup Ueber den Generationswechsel oder die Fortpflanzung und Entwickelung durch abwechselnde Generationen, eine eigenthümliche Form der Brutpflege in niederen Thierklassen. Uebersetzt von Lorenzen. Kopenhagen, 1842. 8. Gluge in Müller's Archiv. 1842. 8. S. 148. und C. Vogt ebendaselbst S. 189. Gruby und Delafosse in den Annales de Chimie et Physique. Troisième Serie. Vol. VII. Paris, 1843. 8. S. 381. Ph. F. H. Klencke Ueber die Contagiosität der Eingeweidewürmer und über das physiologische und pathologische Leben der mikroskopischen Zellen nach empirischen Thatsachen. Jena, 1844. 8. Eine ſehr gute Ueberſicht dieſer Verhältniſſe giebt Henle in seiner u. Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Bd. III. 1844. 8. S. 1—32.

Schon die bisher bekannten Thatſachen deuten darauf hin, daß viele als ſelbſtſtändige Entozoen beſchriebene Thiere, z. B. aus der Gattung Filaria nur auf ihrer Wanderſchaft in oder aus dem Körper begriffene junge Eingeweidewürmer ſind. Daß aber dieſe Ortsveränderungen nicht bloß behufs der Einpflanzung der Entozoen exiſtiren, ſondern auch zu ihrer Entwickelung nothwendig ſein können, läßt ſich aus den Verhältniſſen der Bandwurmgattung Ligula entnehmen. Viele Arten derſelben leben zuerſt in verſchiedenen Fiſchen, z. B. in Cyprinus blicca, brama, carassias, Cobitis taeniata, Petromyzon branchialis u. dgl. Nach den Beobachtungen von Leukart haben dann ſolche hier ſich noch aufhaltende Thiere keine Geſchlechtstheile. Sie gerathen aber, indem die Fiſche von den Vögeln verzehrt werden, in den Nahrungscanal von dieſen, entwickeln ſich hier bedeutender und bilden ihre vollkommenen Genitalien aus.

Läßt ſich nun hiernach mit vieler Wahrſcheinlichkeit annehmen, daß die Eingeweidewürmer durch mütterliche Zeugung entſtehen und viele ſogar den Körper von Zeit zu Zeit verlaſſen oder umgekehrt von außen her in ihn eindringen, ſo kann man nicht mehr

[1]) Steenstrup über den Generationswechsel oder die Fortpflanzung und Entwickelung durch abwechselnde Generationen, eine eigenthümliche Form der Brutpflege in niederen Thierklassen. Uebersetzt von Lorenzen. Kopenhagen, 1842. 8. S. 50 fgg.

die Helminthiaſis als eine bloß dyskratiſche Krankheit betrachten, ſondern muß ſie geradezu als ein Leiden anſehen, welches urſprünglich durch Einpflanzung entſteht und nur durch krankhafte Ernährungszuſtände des Körpers begünſtigt wird. Zu gleicher Zeit lehren aber die von Eſchricht [1]) und Streckeiſen gemachten Studien, daß viele Eingeweidewürmer einem periodiſchen Wechſel unterliegen, daß z. B. die Bothryocephalen im Winter am leichteſten und bisweilen ſogar von ſelbſt ihre mit reifen Eiern gefüllten Glieder verlieren, um dann wiederum neue im nachfolgenden Frühjahre und Sommer zu bilden. Es ließe ſich hiernach durch fernere Studien der Zeitpunkt der cykliſchen Entwickelung ſolcher Thiere, zu welchem ſie am leichteſten abgetrieben werden können, beſtimmen.

Endlich lehren auch die oben angeführten Erfahrungen von Mieſcher, daß hier bisweilen der Fall vorkommt, daß ſich nicht das Entozoon im Ganzen umgeſtaltet, ſondern daß es durch ein an einer einzelnen Stelle ſeines Innern entſtehendes neues Thier aufgezehrt wird. Wir haben hierbei das deutlichſte Beiſpiel der ſogenannten Innenzeugung. Sie bildet ein weſentlich verſchiedenes Complementarſtück zu den eigenthümlichen Entwickelungsarten niederer wirbelloſer Thiere, wie der Polypen, Meduſen u. dgl., welche Steenſtrup mit dem Namen der Ammenzeugung belegt hat. Jene merkwürdigen gelben Würmer von Bojanus und das Leucochloridium paradoxum von Carus ſtehen auch höchſt wahrſcheinlich mit den Verhältniſſen der Innenzeugung in Beziehung. Sie niſten gleich lebenden Geſchöpfen in Schnecken, ſind in ihrem Innern von Tauſenden lebender Cercarien oder Trematoden erfüllt und ſcheinen durch dieſe Schmarotzer bis auf ihre Hüllen aufgezehrt worden zu ſein.

1623 Die bisherigen Erfahrungen weiſen alſo im Ganzen nach, daß die Annahme einer Urzeugung nicht nur nicht abſolut nothwendig iſt, ſondern auch zu einem großen Theile auf der unrichtigen Beurtheilung nicht hinreichend gekannter Erfahrungen beruht. Eine genauere Erforſchung derſelben giebt Fingerzeige genug, daß auch hier nicht bloß ein Keim überhaupt, ſondern ein ſolcher, der urſprünglich von einem gleichartigen mütterlichen Weſen ausging, exiſtirt. Sind auch die Zwiſchenſtufen der Entwickelung einander ſehr unähnlich, ſo kehrt doch das ausgebildete Weſen zu der Form desjenigen Geſchöpfes zurück, welches ſeinen eigenen erſten Keim gebildet hat.

1624 Männliche Geſchlechtsthätigkeit. — Die Hoden des Neugeborenen und des Knaben enthalten noch keinen Samen. Erſt die Pubertätszeit bringt dieſes Abſonderungsproduct, welches dann bis in das höchſte Alter fortdauern kann, zu Stande. So wie der Menſch mannbar zu werden anfängt, vergrößern ſich die Teſtikel im Ganzen und vorzüglich in ihren einzelnen Samenröhrchen, deren Lumina weiter werden. Es erſcheinen die ſogleich zu erwähnenden Zellgebilde, welche die Vorläufer der Spermatozoen darſtellen, und bald zeigt ſich zunächſt in dem Nebenhoden und dem Samenausführungsgange wahres Sperma mit zahlreichen lebhaften Samenfäden.

Alle dieſe Verhältniſſe laſſen ſich weit leichter an Thieren, die einer periodiſchen Brunſt unterworfen ſind, verfolgen. Die Volumensveränderungen der Hoden fallen z. B. bei Vögeln und Fröſchen ſehr in die Augen. Sie ſind auch dann im Culminationspunkte ihrer Ausbildung dergeſtalt mit Samen gefüllt, daß er bei jedem Schnitte als weißliche halbflüſſige Maſſe hervorquillt.

1625 Der vollkommen ausgebildete Samen charakteriſirt ſich vorzugsweiſe durch die in lebhafter Bewegung begriffenen Spermatozoen, welche in ſeiner Grundflüſſigkeit enthalten ſind. Fehlen ſie, ſo läßt ſich nach allen

[1]) a. a. O. S. 96.

biſherigen Beobachtungen annehmen, daß auch die Fähigkeit, einen fruchtbaren Beiſchlaf auszuüben, mangelt. Wir finden ſehr häufig noch mit Samenfäden verſehenen Samen bei Leuten, die an Schwindſucht, Waſſerſucht, Apoplexie, Typhus u. dgl. geſtorben ſind. Ob ſie bei Rückendarre vorhanden ſind, iſt noch unbekannt, wiewohl auch hier ihre Anweſenheit in hohem Grade wahrſcheinlich ſein dürfte. Man vermißt ſie dagegen, wie es ſcheint, bei Markſchwamm des Teſtikels und des Samenſtranges, wenn auch noch ein Theil der Hodenröhrchen unverſehrt geblieben iſt [1]).

Nicht ſelten läßt ſich die individuelle Entwickelung der Spermatozoen 1626
in den keimbereitenden männlichen Genitalien eines und deſſelben Mannes ſtufenweiſe verfolgen. Man ſtößt dann bisweilen auf die unentwickeltſten Formen in den Samenröhren des Hodens, auf die ausgebildeteſten dagegen in dem Nebenhoden und dem Vas deferens. Henle und Kölliker ſchematiſiren den Gang dieſer Ausbildung dahin, daß zuerſt fein- oder grobkörnige Kugeln auftreten, ſich ſpäter vergrößern und allmälig blaſſer werden. Während ſich dieſe Mutterzelle nach und nach ausdehnt, erſcheint im Anfange eine und dann mehrere Tochterkugeln. Jede von dieſen enthält in der Folge nach Kölliker ein eingerolltes Spermatozoon, welches endlich frei wird, während die übrigen Gebilde verſchwinden. Jedoch zeigen ſich auch bei dem Menſchen wie bei einzelnen Säugethieren, z. B. dem Kaninchen, dem Bären, der Maus, Zellen, die mehrere Samenfaden enthalten. Es wäre möglich, daß die urſprünglichen Mutterzellen in dieſen Fällen verbleiben und nicht aufgezehrt worden ſind.

Außer dieſen Elementen finden ſich noch im Sperma des Menſchen verſchiedenartige Körner, öligte Kugeln und losgelöſte Epithelialgebilde der Samencanäle — Elemente, die jedoch um ſo ſparſamer vorkommen und um ſo mehr gegen die Spermatozoen zurücktreten, je entwickelter das Sperma iſt, und umgekehrt außerhalb der Brunſtzeit der Thiere wiederum vorherrſchen. Der Same enthält noch, wenn er durch den Einfluß der Luft flüſſiger, als er im Anfange war, geworden, Flocken, die Henle [2]) als geronnenen Faſerſtoff betrachtet.

Die Bewegungen der Spermatozoen des Menſchen werden vorzugs- 1627
weiſe durch den Kopf derſelben beſtimmt und zeigen als Norm, daß dieſer, nicht aber der Schwanztheil vorangeht. Die Samenfaden ſchwingen auf- und abwärts oder pendelartig von einer Seite zur andern, drehen ſich in einem vollſtändigen Kreiſe oder einem Kreisbogen, ſchreiten in Schlangenlinien oder abgebrochenen Bogenſtücken, die nach einer Seite gerichtet ſind, fort, ſchlagen mit dem Schwanze oder ſchlängeln denſelben oder rotiren ſich um ihre Längenachſe u. dgl. mehr. Oft bleiben ſie hierbei ſo ziemlich an demſelben Orte, verändern dagegen auch häufig ih-

[1]) Vergl. auch R. Wagner Lehrbuch der ſpeciellen Phyſiologie. Zweite Auflage. Leipzig, 1843. 8. S. 26.

[2]) Henle allgemeine Anatomie S. 959 u. 1032. R. Wagner a. a. O. S. 27. und deſſen Handwörterbuch der Phyſiologie. Bd. I Braunſchweig, 1843. 8. S. 585—87.

[3]) a. a. O. S. 953.

ren Platz, indem ſie zwar nicht raſch gleich Infuſorien durch das Geſichtsfeld dahineilen, aber dennoch auffallend trotz des ſcheinbar Schwankenden ihrer Bewegungen in ihrer Bahn fortgehen. Nach Henle [1]) durchlaufen ſie hierbei einen pariſer Zoll in 7½, nach Kraemer [2]) in 9 bis 22½ Minuten. Nehmen wir daher als ungefähres Mittel $\frac{7{,}5 + 9 + 22{,}5}{3} = 13$ Minuten an, ſo erhalten wir eine annähernde durchſchnittliche Secundengeſchwindigkeit von $\frac{12}{13 \times 60} = 0{,}0154$ pariſer Linien. Sie würden dann hiernach $\frac{0{,}0951}{0{,}0154} = 6{,}18$ Mal ſo langſam als ein durch die Flimmerbewegung der Mundſchleimhaut des Froſches herumgetriebenes Körperchen (§. 603) und $\frac{0{,}2225}{0{,}0155} = 14{,}35$ Mal ſo träge als ein in den Capillaren des Froſchfußes circulirendes Blutkörperchen (§. 368), dagegen noch $\frac{0{,}0154}{0{,}002} = 7{,}7$ Mal ſo geſchwind, als ein Brown'ſches Pigmentmolecül im Waſſer fortkommen (§. 590). Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß alle dieſe Zahlen von irgend einer abſoluten Sicherheit ſehr weit entfernt ſind und höchſtens nur zu ſehr ungefähren Begriffsbildungen Veranlaſſung geben können. Denn ſie beruhen ſämmtlich bloß auf geſchätzten Mittelwerthen, die jeden Augenblick variiren.

Die Bewegung der Spermatozoen erſcheint oft in dem unmittelbar entleerten, zäheren menſchlichen Samen träger als einige Zeit darauf, wenn die Verflüſſigung deſſelben eingetreten. Eben ſo wird ſie nicht ſelten lebhafter, ſobald man das Sperma mit Waſſer, Blutſerum, einer flüſſigen Eiweißlöſung u. dgl. verdünnt. Iſt der Same keinen ſchädlichen Einwirkungen ausgeſetzt worden, ſo kann man ſchwache Regungen der Spermatozoen, wie es mir bei einem 50jährigen Manne vorkam, 84 Stunden nach dem Tode wahrnehmen. Sie verſtärkten ſich in einer Temperatur von 35° C., verblieben noch bei 37°,5 bis 46°,25 C., hörten größtentheils bei 56°,25 C. auf, zeigten ſich nicht mehr, ſobald ſie nur eine Minute in dieſer Wärme verweilt hatten, fehlten nach einem augenblicklichen Aufenthalte in 62°,5 C. gänzlich und verlangſamten ſich bei 12°,5 C., hörten jedoch ſelbſt nicht auf, wenn der Same von Schnee umgeben, aber nicht eingefroren war [3]).

Mineralſubſtanzen, wie Phosphorſäure, Salzſäure, Schwefelſäure, Salpeterſäure, eine Auflöſung von arſenigter Säure im Harn, Jod, Solutionen von kauſtiſchem oder kohlenſaurem Kali, Sublimat, ſalpeterſaurem Silberoxyd und concentrirtere Löſungen von Zucker oder Kochſalz, Pflanzenſubſtanzen, wie eine Löſung von reinem Opium, eſſig-

---

1) J. Henle allgemeine Anatomie. Leipzig, 1841. 8. S. 954.

2) J. C. A. Kraemer Observationes microscopicae et experimenta de motu spermatozoorum. Gottingae, 1842. 8. S. 8.

3) Ebendaselbst p. 30.

ſaurem Morphin, reinem Strychnin, wäſſerige Blauſäure, ätheriſches Bittermandelöl, Terpenthinöl, Oleum camphoratum, Oleum animale Dippelii, Oleum Sinapeos aethereum, Oleum Filicis maris, Crotonöl, Mimoſenſchleim, Alkohol, Schwefeläther, Kreoſot und Eſſigſäure hemmen die Bewegungen der Spermatozoen (Kraemer). Ebenſo wirkten auch der Speichel oder Harn mehr oder minder ſchädlich ein. Dagegen verhalten ſich der Saft der Vorſteherdrüſe, der Schleim der Scheide, einzelne Urine, das Blut im Ganzen oder deſſen Serum, die Galle, die Milch, das Hühnereiweiß, der Eiter z. B. aus einem Empyem, von Harnröhrenblenorrhö, die ſchleimig eiterige Abſonderung der Vagina einer Syphilitiſchen (reines Opium oder Strychnin in Subſtanz), Süßmandelöl, Anisöl und Cajeputöl indifferent (Kraemer)[1]. Nach Donné[2]) können die Regungen der Spermatozoen durch einen krankhafter Weiſe abgeſonderten ſehr ſauren Scheiden- oder bisweilen durch den alkaliſchen Uterialſchleim, welcher an den Gebärmuttermundlefzen haftet, binnen kurzem aufgehoben werden. Auch der während der Schwangerſchaft gelieferte Schleim ſcheint nach ihm nachtheilige Folgen auf die Lebendigkeit der Samenfaden auszuüben.

Die Bewegungen der Spermatozoen, die mit Ausnahme der Samenelemente der Decapoden bei allen bisher in dieſer Beziehung unterſuchten Thieren beobachtet worden, bilden die Hauptgrundlage der in früherer wie in neuerer Zeit beſprochenen Frage, ob die Samenfaden Thiere ſeien oder nicht. Wenn man auch in dem Innern der des Bären, des Meerſchweinchens u. dgl. bei ſehr ſtarken Vergrößerungen und unter Anwendung von Lampenlicht und einer gehörigen Beſchattung rundliche Körperchen oder Bläschen wahrnimmt, ſo entſcheiden natürlich ſolche Gebilde nichts, da ſie der verſchiedenartigſten Deutung fähig ſind. Einflußreicher iſt die zu verfolgende Entwickelung aus Zellen, obgleich auch ſie nicht abſolut gegen die thieriſche Natur der Spermatozoen ſtritte. Dagegen kommt dieſe mit der oben berührten Frage der Urzeugung in Colliſion. Wären nämlich die Samenfaden Thiere, ſo hätten wir hier ein ſehr deutliches Beiſpiel, wie animaliſche Weſen, ohne daß ihnen ein gleichartiger mütterlicher Keim vorangegangen, vor unſeren Augen zur Pubertätszeit und bei der erſten Brunſt eines Thieres entſtehen. Leugnet man dagegen ihre thieriſche Natur und betrachtet ſie als bloße Gewebtheile, welche eine eigenthümliche Beweglichkeit in dem Culminationspunkte ihrer Entwickelung beſitzen, ſo hat man ein freies Terrain für die Generatio aequivoca gewonnen. Freilich iſt man dann genöthigt, ein beſonderes und unerklärtes motoriſches Princip dieſer Gewebeelemente zu ſtatuiren. Allein die Flimmerbewegung und ſelbſt die Zuſammenziehung der Muskelfaſern und anderer contractiler Gebilde zwingt uns am Ende zu der gleichen Annahme. Jedoch findet noch der Unterſchied Statt, daß die Flimmerbewegung durch narkotiſche Gifte keine Störung erleidet, während die Regungen der Spermatozoen des Menſchen nach den Erfahrungen von Kraemer und die des Froſches nach denen von Prevoſt zum Stillſtehen gebracht werden.

Die nähere Behandlung dieſer Frage ſiehe in A. Koelliker Beiträge zur Kenntniss der Geschlechtsverhältnisse und der Samenflüssigkeit wirbelloser Thiere nebst einem Versuch über das Wesen und die Bedeutung der sogenannten Samenthiere. Berlin, 1841. 4. S. 64 fgg. J. C. A. Kraemer a. a. O. p. 46 fgg. Repertorium Bd. VII. S. 277 fgg.

Die Samenfaden erhalten noch dadurch eine Bedeutung für den Arzt, daß ihr mikroſkopiſcher Nachweis als ein ſicheres Erkennungsmittel der Anweſenheit von Sperma

[1]) a. a. O. p. 37 – 39.

[2]) Al. Donné Cours de Microscopie complémentaire des études médicales; Anatomie microscopique et Physiologie des fluides de l'économie. Paris, 1844. 8. p. 291—96.

in einem geſunden oder krankhaften Produkte dient. Man kann daher auf dieſe Art die Exiſtenz einer Spermatorrhö und bisweilen auch die einer Samenfiſtel ermitteln. Eben ſo vermag das mikroſkopiſche Studium für die gerichtliche Beurtheilung von ſcheinbaren Samenflecken in der Wäſche von Bedeutung zu werden. Man muß aber in allen ſolchen Fällen wohl im Auge behalten, daß man keine zu großen Flüſſigkeitsmengen zur Unterſuchung bekomme. Es iſt daher z. B. ſehr unzweckmäßig, wenn man den ganzen gelaſſenen Urin eines auf Spermatorrhö verdächtigen Menſchen zur mikroſkopiſchen Unterſuchung überſchickt. Setzt ſich auch ein Sediment ab, ſo können doch die Spermatozoen, wenn ſie nicht ſehr zahlreich oder ſchon verändert ſind, in der Maſſe des Uebrigen leicht entgehen. Da aber die unwillkürliche Samenentleerung ſolcher Kranken erſt am Ende des Harnens erfolgt, ſo verfährt man hier am zweckmäßigſten, wenn man dem Menſchen nach dem Vorſchlage von Lallemand den Befehl ertheilt, die Mündung ſeiner Urethra unmittelbar nach dem Uriniren an einem Glasplättchen abzuwiſchen, die daran haftende Feuchtigkeit eintrocknen zu laſſen oder mit einem zweiten Glaſe zu bedecken. Hat man Wäſche aufzuweichen, ſo nehme man ſo wenig Waſſer als möglich.

Wenn die Spermatozoen abſterben, ſo werfen ſie häufig den Schwanz ab. Dieſer letztere bewegt ſich dann nicht und wird nicht mehr bei ſeiner Feinheit im iſolirten Zuſtande entdeckt. Es ereignet ſich daher häufig, daß man in Abgangsflüſſigkeiten, wie dem Urin, die bloßen Köpfe allein vorfindet und nach ihnen, wo möglich, ein Urtheil über die Anweſenheit von Samen fällen muß.

1628. Der Samen wird aus den Samenröhrchen des Hodens durch das Rete vasculosum Halleri, die Vasa efferentia und die Coni vasculosi in den Nebenhoden und von hier in das Vas deferens befördert. Es iſt jedoch noch unbekannt, ob dieſes bloß durch die Vis a tergo der fortdauernden Abſonderung oder mit Beihilfe der Contractilität der Hodencanälchen geſchieht. Eben ſo unentſchieden bleibt es, ob der Cremaster, welcher den Hoden heraufzieht und gegen die Schambeinſymphyſe drückt, dieſe Thätigkeit weſentlich befördert. Fand längere Zeit hindurch keine Samenentleerung Statt, ſo tritt der Ueberſchuß des Sperma in die Samenblaſen und vermiſcht ſich hier mit dem eigenthümlichen und, wie es ſcheint, vorzugsweiſe ſchleimigten Abſonderungsproducte derſelben. Hieraus erklärt ſich, weshalb die Spermatozoen eben ſo gut in den Vesiculae seminales fehlen als vorhanden ſein können. Wirkt aber ein hinreichender Hautreiz ein, ſo entſtehen, wie wir ſahen (§. 1509), energiſche Reflexbewegungen der Samenblaſen und des Vas deferens. Beide treiben ihren Inhalt hervor, und dieſer wird ohne Zweifel bei ſeinem Austritte, mit den Secreten der Vorſteherdrüſe, der Vesicula prostatica, der Cowper'ſchen Drüſen und der Schleimhaut der Harnröhre vermiſcht. Er gelangt mit ſolcher Kraft nach außen, daß bisweilen ſein Strahl einen oder ſelbſt mehrere Fuß weit vom Körper zum Boden fallen kann.

Die Entleerung des Samens iſt bei dem geſunden Menſchen von der des Urins vollkommen abgeſchloſſen, ſo daß immer die eine ohne die andere erfolgt. Eine Ausnahme hiervon verurſacht vielleicht die Ausſtoßung ſehr harter und reichlicher Excremente, indem dieſe die Samenblaſen bei ihrem Durchgange durch den Maſtdarm drücken und etwas Sperma durch die Mündungen am Colliculus seminalis hervorpreſſen. Nicht ſelten dagegen wird dieſer gegenſeitige Abſchluß krankhafter Weiſe dergeſtalt geſtört, daß eine Quantität Same am Ende des Urinirens unwillkürlich und ohne irgend ein Wolluſtgefühl hervortritt. Wir finden dieſes am häufigſten bei Leuten, die in früher Jugendzeit onanirt haben, bei Menſchen mit ausſchweifender Lebensweiſe und bei Rückenmarkskranken. Solche Perſonen vertragen oft bedeutende Samenverluſte Jahre lang ohne Schaden. Der Grund dieſer Erſcheinung, welche nicht ſelten von Laien und Aerzten überſehen wird, liegt darin, daß die Nervenaufregung, die ſonſt die Ejaculation begleitet, fehlt und der materielle Ab-

gang das Ganze der Organiſation nicht ſehr betheiligt. Wir finden daher auch in dieſer Beziehung einen großen Unterſchied, ob ein Menſch mit Spermatorrhö fortonanirt oder nicht. Hat er ſeinen Fehler gänzlich aufgegeben, ſo ſind in der Regel ſeine Befürchtungen des Eintritts von Rückendarre bloße Folgen der Hypochondrie, welche ſolche Leute häufig heimſucht. Die krampfhafte Steifung des Gliedes, der unruhige Schlaf oder die Schlafloſigkeit, an welcher ſie leiden, verſtimmt ſie von Zeit zu Zeit immer mehr, ſo daß dann ihr Hauptübel ein pſychiſches iſt. Dauern dagegen die künſtlichen Anregungen der Samenentleerungen fort, ſo haben ihre Klagen einen objectiveren Grund. Sie werden vou Augendrücken, Amblyopie, Sinnesſchwäche, Naſenſchleimflüſſen, Halblähmungen oder vollſtändigen Lähmungen, anhaltenden Schmerzen und Einſchnürungsgefühlen im Kopfe, Mangel des Gedächtniſſes und endlich vollkommenem Blödſinn ergriffen und gehen zuletzt an der allgemeinen Abſpannung des Nervenſyſtemes und der damit verbundenen Auszehrung zu Grunde.*

Während die erſte Bildung ächten, mit lebhaften Spermatozoen verſehenen Samens an die Pubertätszeit gebunden iſt, kann die **Steifung des männlichen Gliedes** ſchon bei Kindern und ſelbſt bei Neugebornen vorkommen. Eben ſo erhält ſie ſich oft bis in das höchſte Alter und tritt auch noch bei Menſchen mit mißgebildeten Genitalien, wie z. B. bei Hypoſpadiäen, nur natürlich mit unvollſtändigeren Reſultaten, auf. Fehlt ſie bei ſehr bejahrten Menſchen und bei Perſonen, die ausſchweifend gelebt haben oder an Krankheiten des centralen Nervenſyſtemes leiden, ſo liegt wahrſcheinlich der Grund der Erſcheinung, wenn keine organiſchen Störungen Statt finden, in der mangelnden Innervation, die, wie wir ſehen werden, eine Fundamentalbedingung der Steifung des Gliedes darſtellt. 1629

Die Erection des Penis kann, ſo weit ſie von inneren nervöſen Momenten abhängt, auf dreifachem Wege zu Stande kommen. 1630

1) Durch die Anregung des centralen Nervenſyſtemes ſelbſt. Hierher gehören zunächſt diejenigen Fälle, in welchen ſie durch wolluſterregende Sinnesanſchauungen und Vorſtellungen oder die ſchon früher erwähnten Mitleidsempfindungen (§. 1608) entſteht. Unmittelbare Reizungen des centralen Nervenſyſtemes bedingen das Gleiche. Wird das Rückenmark bei dem Erhenken afficirt, ſo ſteift ſich auch das männliche Glied, und ſelbſt bei Enthaupteten kann das Gleiche oder wenigſtens eine größere Anhäufung von Blut in den cavernöſen Körpern in Einzelfällen zu Stande kommen.

2) Reizung der Penisnerven in ihrem Verlaufe vermag zu demſelben Ziele zu führen. Wir wachen daher oft mit erigirtem Gliede auf, weil die gefüllte Harnblaſe die Ruthennerven drückt. Aus demſelben Grunde haben ſehr häufig einzelne Steinkranke Steifungen des Penis.

3) Mechaniſcher Anſpruch der äußeren Haut deſſelben und vorzüglich Kitzeln der Eichel bedingt bisweilen vollkommene Erection, ſehr oft dagegen eine bloß theilweiſe Füllung der cavernöſen Körper des männlichen Gliedes. Es turgescirt in dem letzteren Falle vorzüglich an der Wurzel oder vergrößert ſich ſelbſt im Ganzen, ohne ſich jedoch aufzurichten und die Härte, wie ſie der vollkommenen Injection eigen iſt, zu erreichen. Dieſer unvollſtändige Zuſtand erhält ſich dann noch, wenn ſelbſt der Penis in die weiblichen Genitalien eingeführt und Samenerguß erzeugt wird.

Während die Steifung des Gliedes ſeine größte Höhe mit dem Culminationspuncte der Geſchlechtsbegierde erreicht, fällt der Penis unmittel- 1631

bar nach der Entleerung des Samens binnen ſehr kurzer Zeit zuſammen. Allein auch der ganze Proceß der Steifung kann gleich allen Nervenerſcheinungen einem zeitlichen Wechſel unterliegen. Hat ſie, ohne daß eine geſchlechtige Befriedigung Statt findet, ihr Maximum erreicht, ſo ſinkt das Glied zuſammen, kehrt zu ſeinem gewöhnlichen Zuſtande zurück und kann dann ſelbſt nicht mehr durch die gleichen Reize, die es früher veränderten, zur Erection gebracht werden. Sie ſtellt ſich erſt ſpäter wieder ein, um von Neuem abzunehmen. Die Wolluſtbegierde ſelbſt theilt im Ganzen, jedoch nicht vollkommen entſprechend, die gleichen Schwankungen.

1632 Die Empfänglichkeit für die Erection unterliegt ſehr vielen Verſchiedenheiten. Abſtrahiren wir ſelbſt von den ſogenannten Temperamentsunterſchieden, ſo hat auch die Gewohnheit und der Ideengang einen ſehr weſentlichen Einfluß. Die Steifung tritt z. B. bei Wollüſtlingen nach Einflüſſen hervor, welche den ruhigen Menſchen noch nicht afficiren. Manche Perſonen werden in dieſer Hinſicht durch Wein, Thee und ähnliche Dinge, andere durch Vanille, Canthariden, Mutterkorn ſehr ſtark aufgeregt. Umgekehrt mäßigt die Kälte die Reizbarkeit dieſer Parthien in hohem Grade und kräftigt zugleich die Genitalien, wenn ihre übergroße Empfänglichkeit als Folge einer erhöhten Nervenreizbarkeit eintritt.

1633 Daß die Erection ihrer Hauptſache nach auf einer möglichſt ſtarken Füllung der venöſen Maſchenräume des Penis mit Blut beruhe, erhellt ſchon daraus, daß ſie ſich künſtlich an der Leiche mittelſt der Blutgefäßeinſpritzung nachbilden läßt. Injicirt man die Arteria dorsalis penis mit Glück, ſo geht die Maſſe durch die ſtärkeren Verzweigungen dieſer Arterie und die feineren theils einfacheren, theils korkzieherartig gedrehten Schlagadern, welche zwiſchen den Wänden und in den Bälkchen des Fächergewebes verlaufen, in die venöſen Maſchenräume über, vermiſcht ſich mit dem in ihnen enthaltenen Blute und bewirkt eine bedeutende Volumensveränderung des Penis. Iſt der Abfluß der Venen durch künſtlichen Druck oder eine umgelegte Ligatur verſchloſſen oder ſelbſt nur ſeinem größeren Theile nach verhindert, ſo erhält man eine Anſchwellung, Steifung und Aufrichtung des Gliedes, welche den natürlichen Verhältniſſen nur wenig oder vielleicht ſelbſt gar nichts nachgiebt. Man kann zu dieſem Ziele noch einfacher gelangen, wenn man die Canüle der Injectionsſpritze unmittelbar in einen venöſen Maſchenraum einſetzt und die Arterien ganz unberückſichtigt läßt. Dieſes bekräftigt die ſchon aus den Structurverhältniſſen von ſelbſt erhellende Thatſache, daß die Schlagadern nur die größere Maſſe Blutes zuführen, der weſentliche Theil des Erectionsproceſſes dagegen durch den Inhalt der venöſen Maſchenräume veranlaßt wird.

1634 Die Steifung beruht daher auf keinem neuen Proceſſe, ſondern auf einer bloß quantitativen Erhöhung und einer eigenthümlichen Modification der Kreislaufsverhältniſſe des Gliedes. Die beiden cavernöſen Körper des Penis empfangen vorzugsweiſe ihr Schlagaderblut von der A. profunda penis und der A. dorsalis penis, der A. pudenda, das Corpus cavernosum der Eichel von den Arteriae dorsales penis, deren Zweige

mit denen der A. A. profundae und der A. A. bulbo-urethrales anaſtomoſiren, das der Harnröhre von denen der A. A. bulbo-urethrales, die wiederum mit den der A. A. dorsales und profundae penis in Verbindung ſtehen, und endlich das des paarigen, durch eine Scheidewand in zwei ſeitliche Halbkugeln geſonderten Schwellkörpers des Bulbus urethrae von den zwei A. A. bulbosae und den beiden A. A. bulbo-urethrales (Kobelt)[1]. Die venöſen Abzugscanäle der verſchiedenen Fächergewebe beſtehen in den Venae dorsales penis und acceſſoriſchen Venennetzen, welche mit den Plexus pudendalis, prostaticus, vesicalis, haemorrhoidalis und dem Inguinal- und Bauchvenen der benachbarten Haut in Verbindung ſtehen. Sie verlaufen theils an der freien Oberfläche der mannichfachen cavernöſen Körper, theils im Innern derſelben, theils endlich zwiſchen den Corporibus cavernosis penis und urethrae, welche ſie zum Theil mit einander verbinden[2]) und tragen meiſt den Character von Wundernetzen, der durch ihre zahlreichen Anaſtomoſen bedingt wird, an ſich. Denken wir uns dieſe Bildung noch mehr concentrirt und bis zur gegenſeitigen Vereinigung der Lumina zurückgeführt, ſo erhalten wir jenes Fächergewebe, wie es in dem Innern der cavernöſen Körper vorkommt. Die venöſen Räume herrſchen dann dergeſtalt vor, daß zuletzt alle anderen Elemente, wie Arterien, faſerige Hüllen, Sehnenfaden und muskulöſe Faſern nur zwiſchen den Venenbegrenzungen Platz finden und mit ihnen als kleine Scheidewände oder durchſetzende Bälkchen erſcheinen.

Die feineren Verzweigungen der Arterien ſind ebenfalls auf eine den 1635
Verhältniſſen der Schwellung entſprechende Weiſe eingerichtet. Während ſie ſich nämlich in den dünneren Scheidewänden und Balken befinden, gehen ſehr viele von ihnen nicht gerade, ſondern korkzieherartig gewunden, laufen aber continuirlich fort und bilden hierbei weder blinde Ranken, noch Divertikel. Denn dieſe mit ihren ſogenannten Arteriae helicinae ſind wenigſtens nach meinen Erfahrungen bloße Kunſtproducte, welche durch das Zerreißen der feineren Bälkchen bei dem Zerſchneiden entſtehen[3]. Die ſchraubenförmige Einrollung der Schlagadern verleiht dieſen den Vortheil, der bei der Erection Statt findenden Ausdehnung nachzugeben, ſich gleichſam aufzuwickeln und auf ſolche Art an Länge zu gewinnen. Wir finden z. B. die gleiche Einrichtung an manchen anderen Organen, die entweder ſelbſt einer bedeutenden Volumensveränderung fähig ſind oder ſchnelle Wachsthumsmetamorphoſen erleiden. Aus dieſem Grunde ſind z. B. die Schlagadern der Gebärmutter oder die Carotiden junger Rindsembryonen wellig gebogen.

So wie die Steifung beginnt, wird der Austritt des Blutes aus den 1636

---

[1]) G. L. Kobelt Die männlichen und weiblichen Wollust-Organe untersucht und dargestellt. Freiburg im Breisgau, 1844. 4. S. 5. 10. 14 u. 28.

[2]) Kobelt a. a. O. S. 4, 9, 14 u. 27.

[3]) Vgl. über dieſe Streitfrage Müller's Archiv. 1835. S. 202. 1838 S. 182. Henle allgemeine Anatomie. S. 486. E. Huſchke Lehre von den Eingeweiden und Sinnesorganen des menſchlichen Körpers. Leipzig, 1844. S. 427 und 925. Repertorium. Bd. I S. 72. IV. 132 u. VI. 131.

Maſchenräumen der verſchiedenen cavernöſen Körper wenn auch nicht aufgehoben, doch wenigſtens in hohem Grade gehindert. Die Art und Weiſe, wie dieſer Verſchluß Statt finde, iſt bis jetzt noch nicht ſicher ermittelt. Sollten auch die Musculi ischio-cavernosi die Rückenvene zuſammendrücken können, ſo treten ſie einerſeits ſicher nicht ſchon am Anfange der Erection in Thätigkeit und können anderſeits nicht auf alle Venen des Gliedes einwirken. Die Arterien klopfen, wie man bei dem Hunde am deutlichſten ſieht (Hausmann), mit vermehrter Heftigkeit. Die venöſen Maſchenräume des Penis füllen ſich mit mehr Blut, ſo daß er ſich allmälig von der Wurzel aus nach der Eichel hin vergrößert. Die einfachen Muskelfaſern, welche in den Wandungen und Balken der Maſchen verlaufen, können möglicher Weiſe die zur Blutaufnahme beſtimmten Räume durch ihre Zuſammenziehung vergrößern. Indem aber der theilweiſe Verſchluß der Venenausgänge und die offene Zuſtrömung von den Schlagadern aus fortdauert, überwindet das Blut einen Theil des Widerſtandes, welcher durch die Sehnenhülle der Corpora cavernosa penis und die Umgebungen der übrigen cavernöſen Körper bedingt wird. Das Glied füllt ſich immer mehr und mehr, wird ſteif und hart und richtet ſich auf. Dieſe ſeine Stellung kann vielleicht zuletzt noch durch die Ischio-cavernosi unterſtützt werden. Der Erector penis dagegen kommt bei dem Menſchen nur ſehr ſelten vor und iſt meiſt, ſelbſt wenn er exiſtirt, ſo ſchwach, daß er gewiß eine nur geringe Hebung und Fixirung des Gliedes zu bewirken vermag. Es ſtellt ſich ein immer größeres Gefühl von Spannung ein. Die Wolluſtbegierde nimmt zu und erreicht ihren Culminationspunkt mit der größten Härte des Penis. Wird ſie befriedigt, ſo hört auch die Nervenſpannung, nachdem die Samenentleerung vollbracht worden, auf. Die Venenausgänge öffnen ſich, während zugleich die einfachen Muskelfaſern, die in den Wänden und Bälkchen enthalten ſind, erſchlaffen. Die Sehnenfaſern, die neben ihnen exiſtiren, ſo wie die bisher ſtark ausgedehnten Hüllen, vorzüglich die der Corpora cavernosa penis ſpringen elaſtiſch zurück, drücken kräftig auf das jetzt dem freien Rückgange anheimgeſtellte Blut und bedingen die Entleerung jeder überſchüſſigen Menge deſſelben. Dieſer Mechanismus erläutert uns, weshalb die Steifung des Gliedes immer nur allmälig eintritt, die nach dem Samenerguſſe Statt findende Rückkehr zum Normalverhältniſſe dagegen binnen wenigen Augenblicken zu Stande kommt. Wird aber die Wolluſtbegierde nicht befriedigt, ſo ſchwindet auch die Nervenaufregung und mit ihr die Erection auf eine mehr allmälig eintretende Weiſe.

1637 Die cavernöſen Körper, welche die Harnröhre umgeben, bedingen noch einen eigenen Mechanismus [1]). Die Eichel nämlich bildet wiederum als Endtheil des Gliedes diejenige Parthie, welche den Sitz der höchſten Wolluſtempfindung darſtellt. Ihre Friction ruft dieſes Gefühl am meiſten hervor und veranlaßt vor Allem die Ejaculation des Samens. Es war daher vorzugsweiſe nothwendig, daß ſie in dem Momente der größten

---

[1]) Huschke a. a. O. S. 444. Kobelt a. a. O. S. 17 fgg.

Steifung möglichſt ſtark gefüllt und durch immer erneuerten Blutzufluß in fortwährend ſich ſteigernder Spannung erhalten werde. Sie erreicht deshalb auch erſt das Maximum ihrer Entfaltung und Ausdehnung während des Coitus oder unmittelbar vor der Samenentleerung. So wie nämlich dann die ſenſiblen Nerven derſelben gereizt werden, ziehen ſich die Bulbo-cavernosi ſtoßweiſe zuſammen, drücken auf die cavernöſen Körper der Zwiebel, treiben ihr Blut durch das Corpus cavernosum urethrae und ſchwellen die Eichel um ſo mehr an. Damit aber dieſes deſto ſicherer zu Stande komme, drückt der vordere Theil des Bulbo-cavernosus, der von Kobelt ſogenannte Constrictor radicis penis, die Vena dorsalis penis und der obere Rand des Compressor hemisphaerium bulbi die Venae bulbosae zuſammen. Dieſer Vorgang läßt ſich nach Kobelt [1]) an ſtrangulirten Hunden, ſobald nur ihre Glans turgescirt, künſtlich hervorrufen und nach Bloßlegung des Bulbo-cavernosus unmittelbar beobachten. Der Ischio-cavernosus verkürzt ſich dann ebenfalls, während beide Muskeln auf die Reibung der erſchlafften Eichel nicht reagiren [2]), dagegen in jedem Zuſtande des Gliedes willkürlich in Thätigkeit geſetzt werden können. Die Zuckungen laſſen ſich übrigens bei dem Menſchen wie dem Hunde, während des Stadiums der größten Aufregung, an der Hinterſeite der Wurzel des Gliedes durchfühlen.

Injicirt man den cavernöſen Körper der Harnröhre, ſo öffnet ſich das 1638
Lumen der letzteren vollſtändiger. Es läßt ſich daher auch eine ähnliche Wirkung bei der Erection vorausſetzen, ſo daß hierdurch der Austritt des Samens erleichtert werden müßte. Eine andere daſſelbe bezweckende Einrichtung findet ſich nach Kobelt [3]) über dem Schnepfenkopfe. Ein Theil des Venengewebes des Bulbus urethrae nämlich zieht ſich noch nach oben zwiſchen der Schleim- und Muskelhaut der Urethra hin und ſetzt ſich durch den Proſtatatheil bis in den Blaſenhals fort. Durch ihn ſchwillt dann auch der Schnepfenkopf an, füllt die Pars prostatica aus, ſchneidet den Zugang zur Blaſe, die ohnedies durch ihren Sphincter verſchloſſen iſt, ab, erleichtert den Austritt des Samens durch die Harnröhre und bedingt vielleicht die bekannte Erſcheinung, daß das Harnlaſſen bei vollſtändiger Erection faſt unmöglich iſt.

Wenn der Katheter, den wir bei Krankheiten der Harnwerkzeuge einführen, in der Gegend des Schnepfenkopfes einen Widerſtand findet und in Folge deſſen Blutungen entſtehen, ſo können dieſe möglicher Weiſe von den eben erwähnten Venengeflechten herrühren. Eben ſo kann ſich auch das Inſtrument in die Vesicula prostatica verirren und durch das blinde Ende derſelben aufgehalten werden.

Die an Pferden angeſtellten Verſuche von Günther [4]) lehrten, daß 1639
die Integrität der Ruthennerven einen ſehr weſentlichen Einfluß auf das Zuſtandekommen der Begattungsluſt ausübt. Wurden ſie bei einem feurigen Hengſte durchſchnitten, ſo hörte alle Neigung zu roſſigen Stuten auf. Das Thier hatte die Empfindung und die willkürliche Bewegung ſeines

---

[1]) a. a. O. S. 19. [2]) Kobelt a. a. O. S. 36. [3]) a. a. O. S. 13.

[4]) J. H. Fr. Günther Untersuchungen und Erfahrungen im Gebiete der Anatomie, Physiologie und Thierarzneikunde. Erste Lieferung. Hannover, 1837 8. S. 64 fgg.

Gliedes verloren. Der vordere Theil deſſelben und beſonders die Eichel füllte ſich aber mit mehr Blut, ſo daß der Penis zum Theil aus ſeinem Schlauche vorfiel. Die letzteren Erſcheinungen traten auch ſo ſehr als möglich bei einem Wallachen, der auf gleiche Art operirt worden, hervor. Unterbindung der Ruthenſchlagadern ſtörte die Neigung zu Stuten nicht. Allein ſie hörte wiederum, da eine vollkommene Steifung unmöglich wurde, nach dem Culminationspunkte der Aufregung auf.

Das Verſchwinden der Geſchlechtsluſt nach der Trennung der Penisnerven tritt bei Thieren in höherem Maaße als nach der Caſtration hervor. Denn Wallache können noch bei Aufregungen oder in krankhaften Zuſtänden eine theilweiſe Erection bekommen und ſich, wie es ſcheint, durch Friction ihres Gliedes Wolluſtgefühle bereiten. Eben ſo machen bisweilen Caſtraten Onanieverſuche. Menſchen dagegen, denen mehr als die Hälfte des Penis amputirt worden, können noch von den heftigſten Wolluſtbegierden heimgeſucht werden.

1640 Vergleichen wir dieſe Thatſachen mit denen, welche wir rückſichtlich der Taſtempfindlichkeit und der Nervenverhältniſſe des Gliedes kennen gelernt haben, ſo ergiebt ſich als Endſchluß, daß erſt die active Congeſtion, welche eine theilweiſe oder vollſtändige Steifung begleitet, die Nerven des Penis dergeſtalt ſtimmt, daß die Friction der Eichel die höchſte Wolluſtempfindung nebſt ihren Nebenerſcheinungen durch die Mitwirkung der Centraltheile des Nervenſyſtemes veranlaßt. Dieſe Anſchauung erklärt uns dann, weshalb z. B. das heftige Kratzen mancher Hautausſchläge ähnliche angenehme Gefühle hervorzurufen im Stande iſt.

1641 Weibliche Geſchlechtsthätigkeit. — Laſſen ſich auch die Eierſtöcke mit Recht mit den Hoden vergleichen, ſo giebt ſich doch zwiſchen beiden, wenn wir die zeitlichen Verhältniſſe der von ihnen gelieferten Befruchtungsſtoffe ins Auge faſſen, ein weſentlicher Unterſchied zu erkennen. Der vollſtändige mit lebenden Spermatozoen verſehene Same tritt erſt, wie wir ſahen, zur Pubertätszeit des Menſchen auf und fehlt auch demgemäß bei ſehr jungen Säugethieren. Iſt er aber einmal vorhanden, ſo bindet ſich ſeine Erſcheinung und Ausleerung an keine beſtimmte Zeitperiode. Der Mann beſitzt dann die Fähigkeit, jeden Tag regelrechtes Sperma zu entleeren und die Befruchtung zu veranlaſſen. Anders dagegen verhält ſich der Eierſtock. Seine Follikel mit den in ihnen enthaltenen mikroſkopiſch kleinen Eichen laſſen ſich ſchon bei Neugeborenen (Carus) und ſelbſt in Früchten beobachten. Ob ſie nun die Kinderjahre hindurch unthätig bleiben oder nach und nach vergehen, um neuen Platz zu machen, ſteht dahin. Allein ſpäter zu erwähnende Thatſachen weiſen deutlich darauf hin, daß ihr Austritt aus dem Ovarium von keinen äußeren Veranlaſſungen abhängt und daher auch nicht gleich dem des Samens zu jeder beliebigen Zeit erfolgen kann, ſondern an eine beſtimmte Veränderung der Geſchlechtstheile, welche von Zeit zu Zeit von ſelbſt eintritt, gebunden iſt. Wir nennen aber dieſen Proceß, der endlich von dem ſelbſtſtändigen Austritte der Eier aus den Follikeln begleitet wird, die Regeln des menſchlichen Weibes oder die Brunſt der Thiere.

Die Regeln, die Periode oder monatliche Reinigung, die Menſtrua- 1642
tion, die Katamenien oder die Menses charakteriſiren ſich äußerlich durch einen periodiſchen, aus den Geſchlechtstheilen der reifen Frau Statt findenden Blutabgang. Ihr Eintritt bezeichnet die Geſchlechtsreife des Weibes, die Zeit, wo die Zeugungsfähigkeit beginnt, während umgekehrt ihr Ausbleiben in ſpäteren Jahren, die Rückbildung der Periode, die Epoche andeutet, in welcher die Möglichkeit, noch Mutter zu werden, aufhört. Nur ausnahmsweiſe findet ſich der Fall, daß ſchon kleine Kinder periodiſche Blutabgänge darbieten oder dieſe bei ſehr alten Frauen, die ſeit vielen Jahren keine Regeln mehr hatten, von Neuem eintreten. Jedoch iſt in allen ſolchen Fällen möglichſt genau zu prüfen, ob nicht ein krankhafter Blutfluß der Gebärmutter den bloßen Anſchein einer regelmäßig zu Stande kommenden Periode annimmt.

Vollkommen geſunde Frauen haben keine beſonderen Beſchwerden vor dem Eintritte ihrer Regeln. Erſt der Blutabgang aus der Scheide macht ſie auf das Erſcheinen ihrer Periode aufmerkſam und überraſcht ſie oft, da die Katamenien häufig des Nachts beginnen, Morgens bei dem Aufſtehen. Manche von ihnen bieten höchſtens ein vermehrtes Gefühl von Wärme in den Geſchlechtswerkzeugen als den Ausdruck des ſtärkeren Blutzufluſſes zu ihnen, einen ſchleimigten Abgang aus der Scheide, Ziehen und Spannen in dem Becken oder den Lenden, Brennen bei dem Harnlaſſen, allgemeine Mattigkeit, Schwäche in den Schenkeln, Bläſſe des Geſichtes, blaue Ringe um die Augen, Mangel an Appetit, Uebelkeiten, Unmuth und geiſtige Reizbarkeit, ſeltener dagegen fieberhafte Aufregungen dar. Nur krankhafter Weiſe leiden ſie dann an heftigen Koliken, ſtarken Lendenſchmerzen, Eingenommenheit des Kopfes, Neuralgien einzelner Nerven, Stechen in den Brüſten, Erbrechen, Froſtanfällen u. dgl., die erſt mit dem reichlichen Abgange von Blut aufhören. Die meiſten Frauen haben in dieſer Anfangsepoche ihrer Menſtruation eine Abneigung vor dem männlichen Geſchlechte und einzelnen iſt die Ausdünſtung von Männern in hohem Grade zuwider, während auch viele andere ſelbſt außerhalb der Zeit ihrer Katamenien die Atmoſphäre eines Zimmers, in dem viele Männer verſammelt waren, zu vermeiden ſuchen. Das Menſtrualblut ſelbſt verbreitet oft einen eigenthümlichen Geruch, der einzelnen Menſchen ſogleich auffällt.

Die Blutzufuhr zu den Eierſtöcken, den Fallopiſchen Röhren, der 1643
Gebärmutter und der Scheide nimmt immer mehr zu. Der Uterus ſteigt nach manchen Forſchern tiefer in das kleine Becken herab; ſein Mund erhält eine rundlichere Geſtalt; ſeine Lefzen ſchwellen mehr auf, werden weicher und ungleich, weil ſich angeblich die hintere etwas verlängert. Das Blut kommt aus dem angeſchwollenen Uterus hervor und fließt, da es im Normalzuſtande ganz flüſſig oder höchſtens mit wenigen feſten Theilen vermiſcht iſt, zur Scheide heraus. Die Art und Weiſe aber, wie es abgeſondert wird, ob durch Zerreißung einzelner Gefäße oder mittelſt bloßer Durchſchwitzung, iſt noch nicht hinreichend bekannt. Es läßt ſich jedoch theoretiſch mit vieler Wahrſcheinlichkeit annehmen, daß dieſer nor-

male Proceß wenigſtens ſeinem größeren Theile nach auf einer bloßen Transſudation und Ausſonderung beruht. Eben ſo wenig weiß man, ob eigenthümliche Bewegungen der Gebärmutter den Hergang unterſtützen (Casper) oder nicht. Das Flimmerepithelium der Uterusſchleimhaut geht auf dieſem Wege zu Grunde, ſtellt ſich aber ſpäter von Neuem her.

1644 Neigt ſich die Menſtruation dem Stadium ihrer Abnahme, ſo vermindert ſich der Ausfluß des Blutes, und dieſes ſelbſt nimmt eine immer blaſſere Färbung an. Es wird Anfangs wäſſriger, erhält dann immer mehr die Farbe von Fleiſchwaſſer, erſcheint zuletzt nur röthlich und geht endlich in ein Secret über, welches ſehr wenig oder gar keinen Blutfarbenſtoff und viel Schleim enthält. Es hat daher in dem letzteren Falle eine etwas zähere Conſiſtenz und nähert ſich dem Abſonderungsprodukte, welches auch auf anderen Schleimhäuten nach Reizung derſelben vorkommt. Sein Reichthum an Salzen bedingt es wahrſcheinlich, daß manche Frauen Beſchwerden im Schooß beim Gehen wegen der ſchwachen Anätzung der Geſchlechtstheile empfinden. Nach und nach verſchwindet auch dieſe letzte Spur der Regeln und Alles kehrt zum Normalzuſtande wieder, oder es bleibt höchſtens eine vermehrte Schleimabſonderung der Scheide zurück.

So wie ſich die Periode zurückbildet, fühlt ſich die Frau nicht nur wohler, wird heiterer und ſieht beſſer aus, ſondern hat auch eine größere Neigung zur Annäherung des Mannes. Die letztere dauert dann noch eine Reihe von Tagen nach dem Aufhören der Regeln fort.

1645 Die normalen Katamenien führen zwar Blutkörperchen, jedoch in geringerer Menge als das geſunde Blut, von dem ſie ſich hierdurch, ſo wie durch ihre geringere Gerinnbarkeit unterſcheiden. Die Urſache der letzteren Erſcheinung wurde von älteren Forſchern in dem ſparſameren Gehalte an Faſerſtoff, von neueren, wie Retzius, in der Anweſenheit bedeutenderer Mengen von Phosphor- oder Milchſäure und von Anderen, wie Raciborski[1]), in der Beimiſchung von Schleim geſucht. Die letztere Anſicht hat das gegen ſich, daß wir keine Zeichen einer vermehrten Schleimabſonderung in der Gebärmutter wahrnehmen, das in dieſer aber ſchon enthaltene Blut weniger geronnen erſcheint. Denis fand in ihm 82,50 % Waſſer, 0,05 Faſerſtoff, 6,34 Hämatoſine, 4,53 Schleim, 4,83 Eiweiß, 0,05 Eiſenoxyd, 0,39 phosphorhaltiges Fett, 0,11 Osmazom, 0,11 Cruorin und 1,20 Salze. Die Blutkörperchen und andere mechaniſch ſuspendirte Theile betrugen 10,90 %, die aufgelöſten Subſtanzen dagegen 6,58 %.

Die Menge des Menſtrualblutes wechſelt natürlich bedeutend und läßt ſich auch auf keine ganz exacte Weiſe ermitteln. Sie wird durchſchnittlich zu 5 Unzen angenommen [2]).

1646 Die normalen Regeln kehren meiſtentheils nach 28 Tagen von dem erſten Tage ihres Eintrittes an gerechnet wieder. Jedoch bieten auch ſehr

---

[1]) M. A. Raciborski de la puberté et de l'age critique chez la femme, au point de vue physiologique, hygiènique et médical et de la ponte périodique chez la femme et les mammifères. Paris, 1844. p. 447.

[2]) C. H. Burdach die Phyſiologie als Erfahrungswiſſenſchaft. Bd. II. Zweite Auflage. Leipzig, 1835. 8. S. 247.

viele Frauen Abweichungen von dieſer Norm dar, indem manche erſt ungefähr alle ſechs Wochen, andere dagegen ſchon nach je acht Tagen menſtruiren. Sind aber die Zeitabſchnitte der Ruhe noch kleiner, ſo entſteht der ſehr gegründete Verdacht, daß man es mit einem krankhaften Blutfluſſe und keinen wahren Katemenien zu thun habe.

Eben ſo ſehr wechſelt die Dauer einer einzelnen Menſtruation ſo- 1646
wohl bei einem und demſelben Individuum als bei verſchiedenen Frauen. Man kann 4 bis 6 Tage als allgemeinen ungefähren Durchſchnittswerth anſehen. Wir finden jedoch auch nur 2 bis 3 und anderſeits 7 bis 8 Tage bei ſonſt geſunden Individuen. Es können ſelbſt auf dieſe Art die Zwiſchenzeiten verhältnißmäßig ſehr kurz ausfallen.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die durchſchnittliche Zeitdauer, welche jedes Mal zwiſchen dem Eintritte der erſten und der zweiten Menſtruation liegt, mit derjenigen Zeit, die der Mond zu einer elliptiſchen Bewegung um die Erde braucht, ſehr nahe zuſammenfällt. Die letztere oder die ſogenannte anomaliſtiſche Periode beträgt 27,56 Tage. Brierre de Boismont erhielt als Mittelwerth der Katamenienperiode von 4 Frauen, an welchen 22 Beobachtungen angeſtellt worden, 27,8 und Schweig als ſolchen von 60 Individuen mit 500 Erfahrungen 27,39 Tage. Die Unterſuchungen des letzteren Forſchers zeigen auch, daß dieſer oder ein ſich ihm annähernder Zeitabſchnitt für die bei Weitem größere Mehrzahl der Beobachtungen gilt und Fälle, in welchen die Reinigung in weniger als 20 und mehr als 35 Tagen wiederkehren, zu den ſelteneren Ausnahmen gehören. Es fanden ſich nämlich folgende Gruppen in ſeinen 500 Einzelbeobachtungen:

Wiederkehr der Regeln nach	Zahl der Fälle.	Wiederkehr der Regeln nach	Zahl der Fälle.	Wiederkehr der Regeln nach	Zahl der Fälle.
8 Tagen	1	21 Tagen	11	32 Tagen	14
9 »	1	22 »	9	33 »	15
10 »	1	23 »	19	34 »	16
11 »	3	24 »	29	35 »	11
12 »	1	25 »	36	36 »	3
14 »	2	26 »	56	37 »	3
15 »	4	27 »	62	38 »	5
16 »	1	28 »	73	39 »	4
17 »	1	29 »	39	40 »	2
18 »	1	30 »	28	42 »	1
19 »	7	31 »	28	44 »	2
20 »	11				

Eben ſo laſſen ſich manche kürzere oder längere Menſtruationszeiträume auf Bruchtheile von Mondsumläufen reduciren. Da es jedoch nicht bei allen der Fall iſt, ſo kann man wenigſtens bis jetzt keine durchgreifende Coincidenz anerkennen. Fände dieſes aber auch nicht Statt, ſo müßte es immer noch unentſchieden bleiben, ob ein ſolches Zuſammentreffen ein zufälliges oder ein auf tieferen Geſetzen beruhendes ſei. Jedenfalls iſt hier eine um ſo ſtrengere Kritik anzuwenden, je mehr Mißbrauch mit den hypothetiſchen und myſtiſchen Wirkungen des Mondes auf den Organismus getrieben worden. Vergl. Schweig in Roser und Wunderlich's medicinischer Vierteljahresschrift. Stuttgart, 1844. S. 1—32.

Der periodiſche Blutabgang bildet ein weſentliches Moment geſunder Mädchen, die das Pubertätsalter erreicht haben. Der normale Weg deſſelben iſt die ſich dann auflockernde Schleimhaut der Gebärmutter, welche hierzu durch ihren Blutreichthum beſonders geeignet iſt. Allein ausnahmsweiſe kann auch die Blutentleerung auf anderen Bahnen, z. B. durch die Lungen, ſeltener durch die Haut oder die Brüſte Statt finden, ohne daß wenigſtens verhältnißmäßig die Geſundheit bedeutend leidet. Tiefere Störungen erfolgen dagegen, wenn die Periode gänzlich mangelt oder zu ſparſam oder zu wenig blutig iſt. Es bildet ſich nach und nach eine ſchon §. 557 dargeſtellte Art von eigenthümlicher Abnormität des Blutes, welche die ſogenannte Bleichſucht erzeugt. Die Haut nimmt eine eigenthümliche, ſchwach grünlichgelbe Farbe an; die Lippen werden blaß, die Augen mit blauen Ringen umgeben, das Ausſehen bleich und aufgedunſen. Es geſellen ſich hierzu allgemeine Körperſchwäche, leichte Ermüdung, hartnäckige Verſtopfung, das Gefühl von Spannen und Ziehen im Unterleibe, neuralgiſche Affectionen einzelner Körpertheile, Bruſtkrämpfe, Athmungsbeſchwerden, Appetitloſigkeit, hyſteriſche Affectionen der mannichfachſten Art und endlich Waſſerſucht, die leicht an und für ſich oder in Verbindung mit Phthiſis und Abzehrung den Tod nach ſich zieht. Mangel an Bewegung und beſonders vieles Sitzen in geſchloſſenen Zimmern, unzweckmäßige oder ſparſame Nahrung, eine geringe Pubertätsentwickelung u. dgl. begünſtigen dieſe Verhältniſſe. Eben ſo können ſie ſich erzeugen, wenn zwar im Anfange vollkommene Katamenien zu Stande gekommen, der Abgang des Blutes dagegen durch die Verwachſung des Gebärmuttermundes oder die Verſchließung des Hymens verhindert iſt. Der Uterus dehnt ſich dann durch das in ihm enthaltene dunkelrothe, wenig oder gar nicht geronnene theerartige und bisweilen übelriechende Blut möglichſt aus, erregt die Gefühle von Druck, Ziehen und Spannung im Unterleibe und kann ſelbſt die Blaſe beeinträchtigen, ſo daß ſich keine bedeutenden Mengen Urin in ihr anſammeln. Später jedoch entwickeln ſich die Zeichen der Bleichſucht mit Verſtimmungen des Nervenſyſtemes. Ob das Eiſen, welches bei Chloroſe von ſo großem Nutzen iſt und bald die Menge der Blutkörperchen in günſtigen Fällen vergrößert, die urſprüngliche Urſache der Krankheit oder eine weſentliche Folge derſelben hebe, iſt noch unbekannt.

1647 Die Eierſtöcke ſind außerdem der Sitz wichtiger Veränderungen, welche zur Menſtruationszeit auftreten. Es reifen nämlich in ihnen einzelne Graafſche Bläschen vollſtändig, berſten an ihrer erhabenſten Stelle und entleeren das in ihnen enthaltene mikroſkopiſche kleine Eichen. Dieſes wird dann im Normalzuſtande von der entſprechenden Tube, die ſich gleichzeitig mit ihren freien Endtheilen um das Ovarium herumlegt, aufgefangen und ſchreitet von hier nach dem Uterus fort, bis es wahrſcheinlich, wenn keine Befruchtung Statt findet, zu Grunde geht. Der geborſtene Follikel dagegen verwandelt ſich in einen gelben Körper, der wenigſtens eine Zeit lang kenntlich bleibt.

Dieſe in neuerer Zeit von Lee, Paterſon, Jones, Negrier, Gendrin, Pouchet, Raciborski[1]) und Ritchie ohne mikroſkopiſches Studium verfolgten Thatſachen, welche durch die von Biſchoff[2]) vorgenommene feinere Ermittelung des Fortganges des ausgetretenen Eies bei brünſtigen Säugethieren ihre definitivere Feſtſtellung gewonnen haben, bekräftigen mehrere für die Zeugungsverhältniſſe folgenreiche Schlüſſe.

1) Die Anweſenheit von gelben Körpern oder alten Narben im Eierſtocke kann nicht als ſicheres Zeichen einer früher Statt gehabten Befruch-

[1]) a. a. O. S. 359 fgg.

[2]) Th. L. W. Bischoff Beweis der von der Begattung unabhängigen periodischen Reifung und Loslösung des Eies der Säugethiere und des Menschen als der ersten Bedingung ihrer Fortpflanzung. Giessen, 1844. 4. S. 4 fgg.

tung oder Schwangerſchaft dienen. Sie zeigen höchſtens an, daß die Regeln eingetreten waren. Hiermit ſtimmen denn auch die Erfahrungen älterer und neuerer Forſcher, nach denen gelbe Körper bei jungfräulichen Individuen vorkommen können.

2) Die Zahl der auf gleichzeitigen Entwickelungsſtufen befindlichen gelben Körper, welche in den Eierſtöcken eines Thieres gefunden werden, läßt höchſtens entnehmen, wie viele Eichen ausgetreten. Da aber einzelne derſelben, ohne daß ſich ein vollkommener Embryo entwickelt, zu Grunde gehen können, ſo geſtattet dieſes keinen ſicheren Schluß über die Zahl der Früchte, welche vorgefunden werden müſſen. Finden ſich ältere und jüngere gelbe Körper in Einem Eierſtocke, ſo dürfen wir nur annehmen, daß ſie von verſchiedenen Katamenien, welche zu differenten Zeiten vorhanden waren, herrühren, nicht aber Folgerungen anderer Art hieraus herleiten.

3) Dieſer ſelbſtſtändige Austritt der Eier aus dem Eierſtocke beweiſt, daß ein Geſetz, welches aus einzelnen Fiſchen und Amphibien, ſo wie zum Theil den Vögeln längſt bekannt iſt, auch für den Menſchen und die Säugethiere ſeine Gültigkeit hat. Der Laich der Fiſche, der Fröſche u. dgl. tritt ebenfalls hervor, ehe der Same zu ihm gelangt. Die Befruchtung dieſer Thiere iſt eine rein äußerliche. Weibchen und Männchen entlaſſen ihre Zeugungsgebilde und dieſe, nämlich Same und Ei, vermiſchen ſich erſt in dem umgebenden Waſſer mit einander. Nicht ſelten werden bei Vögeln unbefruchtete Eier, ſogenannte Windeier, die keinen Embryo bilden, gelegt. Das ausgetretene Eichen der Säugethiere geht ebenfalls nutzlos zu Grunde, wenn es nicht auf ſeinem Wege dem zur ferneren Embryonalentwickelung anregenden Samen begegnet. Fände man daher auch einen gelben Körper und ein mikroſkopiſches Eichen in einer menſchlichen Leiche vor, ſo würde dieſes noch kein Kriterium einer Statt gehabten Befruchtung abgeben. Nur die Anweſenheit von Spermatozoen beweiſt definitiv, daß der Beiſchlaf ausgeübt worden.

4) Der Austritt der Eichen aus dem Ovarium menſtruirender Frauen und den Eierſtöcken brünſtiger Thiere erhärtet die Analogie zwiſchen den Katamenien des Menſchen und der Brunſt der Thiere auf eine anſchauliche Weiſe. Hierfür ſprechen auch ſchon viele andere bei beiden vorkommende äußere Erſcheinungen, wie der Blutabgang aus den Genitalien, die vorangehenden allgemeinen Beſchwerden, die geſteigerte Geſchlechtsluſt nach dem Culminationspunkte derſelben u. dgl. Die Frau verhält ſich alſo in dieſer Hinſicht gleich einem Weſen, das alle vier Wochen die weſentlichſten Metamorphoſen brünſtiger Thiere erleidet. Ob der Umſtand, daß nur ein Eichen in der Regel aus ihrem Eierſtocke austritt, mit dieſer häufigen Wiederkehr der Katamenien zuſammenhängt, ſteht dahin. Denn bekanntlich erſcheinen auch nur vereinzelte Fötus bei manchen Säugethieren, die wenigſtens nach ausgedehnteren Zwiſchenräumen brünſtig werden.

5) Dieſe Analogie mit den Thieren kann vielleicht noch einen Schritt weiter verfolgt werden. Froſch- und Fiſcheier nämlich zeigen bisweilen den erſten Schritt zur ferneren Ausbildung, vorzüglich den Anfang der Durchfurchung ihres Dotters, ohne daß ſie durch den Samen befruchtet

worden. Sie gehen aber dann, ſobald ihnen nicht das Sperma zu Hilfe kommt, zu Grunde. Biſchoff fand nun, daß manche durch die Brunſt ausgetretene Eichen vollkommen wie reife Eierſtockseier geſtaltet waren und einen dieſen entſprechenden Discus um ihre Zona pellucida hatten. Andere, welche z. B. dem Schweine und der Ratte angehörten, beſaßen keinen Discus, aber eine vollkommene Zona ohne Eiweiß [1]. Noch andere endlich, welche vom Kaninchen herrührten, zeigten, daß die Elemente des Discus ſpindelförmig ausgezogen [2] oder ſogar geſchwunden waren, während ſich die Zona mit einer geringen Eiweißſchicht belegt hatte [3]. Mit einem Worte, es ſcheint auch hier eine ſelbſtſtändige allererſte Entwickelung des ausgetretenen Eichens bis zu einem gewiſſen Grade ohne Samen fortgehen zu können. Iſt aber dann die unter dieſen Verhältniſſen mögliche Grenze erreicht worden, ſo ſteht die Fortbildung ſtill, der Dotter wird nach und nach reſorbirt und das Eichen geht allmälig zu Grunde.

6) Die Befruchtung ſcheint alſo nur dann möglich zu ſein, wenn die Brunſt oder die Menſtruation den Austritt deſſelben aus dem Eierſtocke vorbereitet oder bewerkſtelligt hat. Daß der Same allein ohne Beihilfe der Katamenien die Anregung hierzu geben könne, iſt wenigſtens durch keine bis jetzt bekannnte Thatſache definitiv erwieſen. Die Stelle aber, wo der Same dem Eichen begegnet, läßt ſich durch keine feſte Normen beſtimmen. Er wird daſſelbe im Uterus oder dem Eileiter antreffen, wenn es ſchon ſo weit nach ſeiner Loslöſung vorgeſchritten. Es kann aber auch der Fall eintreten, daß er auf den Eierſtock gelangt, bevor ſich dieſer des Eichens entledigt hat. Man findet daher dann vollkommen reife und vergrößerte, aber nicht geborſtene Follikel, deren Außenfläche Same umgiebt.

7) Nimmt man an, daß der Austritt der Eichen an die Regeln gebunden iſt, ſo muß die günſtigſte Zeit der Ausübung eines fruchtbaren Beiſchlafes einige Tage nach dem Aufhören der Menſtruation, die ungünſtigſte kurz vor der Wiederkehr derſelben ſein. Hiermit ſtimmt auch die bekannte Erfahrung, daß unfruchtbare Frauen nicht ſelten Mütter werden, wenn ſie den Beiſchlaf am Ende ihrer Katamenien oder mehrere Tage nach dem Aufhören derſelben ausüben und Geburtshelfer das Ende der Schwangerſchaft am ſicherſten berechnen, wenn ſie als Ausgangspunkt ungefähr 8 Tage nach der Endzeit der letzten Regeln annehmen. Endlich

8) erklärt ſich zum Theil hieraus, weshalb die monatliche Reinigung und die Befruchtung bis zu einem gewiſſen Grade von einander unabhängig ſind. Bleichſüchtige, die ſehr wenig menſtruiren, werden nicht ſelten ſchwanger und jedenfalls bildet für ſie die Ausübung des Coitus ein nur ſelten fehlſchlagendes Heilmittel Eben ſo hat man ausnahmsweiſe Beiſpiele, daß noch Frauen, welche noch gar keine monatliche Reinigung darboten oder dieſe in ſpäteren Jahren wiederum verloren hatten, Mütter wurden. Reicht der Einfluß der Periode hin, Eierſtockseichen zur Reife und zum Austritt zu bringen, ſo iſt es für den Act der Befruch-

---

[1]) a. a. O. S. 35 u. 37. [2]) a. a. O. S. 10. 11.
[3]) a. a. O. S. 13.

tung, wie es ſcheint, gleichgültig, ob eine reichliche Menſtruation nebenbei vorhanden war oder nicht.

Dieſe regelmäßigen Congeſtionen ſcheinen ſogar bei dem Menſchen den einen Eierſtock in höherem Maaße, als den anderen zu afficiren, ſo daß eine gewiſſe Ungleichheit der Volumina beider Ovarien zur Zeit der Menſtruation wahrgenommen wird (Raciborski). Ob ſich aber ein ſolches Verhältniß in je zwei auf einander folgenden Perioden abwechſelnd auf beide Ovarien vertheile, iſt noch unbekannt.

Die habituelle periodiſche Verſtärkung des Ernährungs- und Bildungsproceſſes, die fortwährende Entſtehung und Reifung neuer Follikel und gelber Körper, welche in den Eierſtöcken Statt findet, ſcheint auch die Urſache zu ſein, weshalb dieſe Organe unter krankhaften Verhältniſſen den Sitz der eigenthümlichſten pathologiſchen Producte darſtellen. Wir finden z. B. das Ovarium bei der Eierſtockswaſſerſucht in ſehr hohem Grade ausgedehnt und durch und durch mit Waſſerblaſen gefüllt, wie dieſes auch in ähnlicher Weiſe an den Nieren vorkommt. Noch eigenthümlicher ſind jene großen Fettgeſchwülſte in den Ovarien, die ſehr lange und verfilzte Haare und vollſtändige Zähne enthalten. Beiderlei Afterproducte ſitzen wahrſcheinlich immer auf einem Mutterboden an. Wenn behauptet wurde, daß die Haare der Art keine Zwiebeln beſäßen, ſo muß dagegen bemerkt werden, daß Mieſcher und ich bei der friſchen Unterſuchung eines ſolchen Productes nicht nur die hornige Haarzwiebel, ſondern die vollkommenen Wurzelſcheiden vorfanden. Jene erſtere Angabe kann möglicher Weiſe dadurch entſtanden ſein, daß die langen verfilzten Haare von ihrer Matrix losgelöſt waren. Uebrigens ſieht man auch bisweilen dieſe Gebilde in Fettgeſchwülſten, welche unter der Haut liegen, ſo feſt anſitzen, daß ſie der Chirurg von ihrem Mutterboden losreißen muß. Was nun die Zähne betrifft, ſo gleichen ſie oft ſchon äußerlich vollkommenen Backzähnen oder verkrüppelten Zähnen anderer Art. Ein aus dem oben erwähnten Präparate entnommener Zahn führte im Innern ein vollkommenes Zahnſäckchen, welches zahlreiche mit Blut gefüllte Capillaren darbot. Was die Nerven betraf, ſo konnte ich keine ſolche Maſſe derſelben, wie in geſunden Zahnſäckchen wahrnehmen. Nur einzelne Primitivfaſern ſchienen das friſche oder mit ſchwachem kauſtiſchen Kali behandelte Präparat zu durchſetzen. Jedoch iſt kein abſolutes Gewicht auf dieſe negativen Erfahrungen zu legen, weil das Präparat ſchon einige Wochen alt war. Ein Zahnſchliff zeigte, daß vollkommen normale ächte Zahnſubſtanz und Schmelz vorhanden waren. Die Elemente von beiden boten keine irgend auffallende Abweichung von dem geſunden Zuſtande dar, und die Zahnröhrchen veräſtelten ſich in der Nähe des Schmelzes wie gewöhnlich. Dagegen ließ ſich kein wahres Cäment mit Knochenkörperchen an dem Zahne, der in einer feſten fibröſen Maſſe geſeſſen hatte, nachweiſen. Die Oberfläche der Wurzel deſſelben beſtand aus einer ziemlich harten Subſtanz mit breiten Längen- und ſchiefen Faſern, welche durch die Einwirkung von Salpeterſäure in reichlichſtem Maaße Kohlenſäure entwickelten.

So weit an Säugethieren (Hunden, Kaninchen, Schweinen, Kühen, 1648
Schafen u. dgl.) angeſtellte Beobachtungen lehrten, leitet ſich ſchon die Bildung der gelben Körper kurz vor dem Austritte des Eichens aus dem Follikel ein. Dieſer letztere nämlich vergrößert ſich dann nicht nur bedeutend, ſondern auch die in ihm enthaltenen Zellgebilde, welche der Membrana granulosa angehören, gehen ſchon zum Theil in Faſerzellen über oder vermehren ſich nach allen Richtungen hin. Es entſteht auf dieſe Art im Grunde und zum Theil an den Wandungen des Follikels eine Wucherung, die für das Eichen und den flüſſigen Inhalt des Follikels gleich einer Vis a tergo wirkt und wahrſcheinlich zuletzt die Berſtung deſſelben und den Austritt des Eichens an der Bauchfelloberfläche als derjenigen Stelle, welche den geringſten Widerſtand darbietet, bedingt. Sind nun auf dieſe Weiſe die Eichen mit der Zona, dem Discus proligerus und dem flüſſigeren Inhalte des Follikels davongegangen, ſo findet man in dem Innern des letzteren bei dem Schweine, nicht aber bei Hunden und

Kaninchen oder Kühen [1]) einen mehr oder minder bedeutenden Bluterguß. Er iſt, wo er auch vorkommt, für die fernere Entwickelung der gelben Körper ohne weſentliche Bedeutung und wird ſpäter wieder nach und nach reſorbirt. Die wuchernde von Blutgefäßen durchzogene Zellenmaſſe füllt indeß die Höhle des durch ſeine Entleerung verkleinerten Follikels aus und kann ſogar bei einzelnen Thieren in der Form eines Wärzchens an der früheren Durchreißungsſtelle hervortreten. Iſt dieſes geſchehen, ſo bildet ſich der gelbe Körper zurück, verliert nach und nach immer mehr an Umfang und reducirt ſich zuletzt entweder gänzlich oder bis auf verhältnißmäßig unbedeutende Spuren.

Es läßt ſich der Analogie nach annehmen, daß der weſentliche Hergang bei der Frau derſelbe ſei und auch ihre gelben Körper im Innern des Follikels und nicht um denſelben herum entſtehen. Jedoch lehrten die Beobachtungen von Lee, Jones und mir [1]), daß ein häutiger Balg in dem Centrum der gelben Körper von Frauen, welche ſich im dritten oder vierten Monate der Schwangerſchaft befinden, vorkommt. Künftige Erfahrungen müſſen noch die nähere Bedeutung deſſelben aufhellen.

Ueber die Bildung der gelben Körper ſiehe C. E. a Baer De ovo mammalium et hominis genesi epistola. Lipsiae, 1827. 4. p. 20. A. Bernhardt Symbolae ad ovi mammalium historiam ante praegnationem. Vratislaviae, 1834. 4. p. 33 fgg. m. Handbuch der Entwickelungsgeschichte des Menschen mit vergleichender Rücksicht der Entwickelung der Säugethiere und Vögel. Berlin, 1835. 8. S. 37 fgg. R. Wagner Lehrbuch der ſpeciellen Phyſiologie. Bd. I. Zweite Auflage. Leipzig, 1843. 8. S. 89 fgg. Th. L. W. Biſchoff Entwickelungsgeſchichte der Säugethiere und des Menſchen. Leipzig, 1842. 8. S. 31 fgg. Das Mikroſkopiſche liefert nach eigenen Unterſuchungen am vollſtändigſten: H. C. Zwicky De corporum luteorum origine atque transformatione. Turici, 1834. 8. p. 7—33.

1649 Da der Eierſtock und die Tube der Frau in keinem continuirlichen Zuſammenhange mit einander ſtehen, ſo muß die Natur bei jeder Menſtruation Vorbereitungen treffen, um den Uebertritt des Eichens in den Eileiter zu ſichern und vorzüglich deſſen Hinabgleiten in die Beckenhöhle zu verhüten. Gendrin [3]) fand auch z. B. bei einer 44jährigen Frau, welche drei Tage nach dem Eintritte ihrer Regeln ſchlagflüſſig geſtorben war, daß der linke Trichter an dem entſprechenden Eierſtocke anlag, und ähnliche Reſultate ergaben ſich bei den Unterſuchungen von Raciborski [4]). Dieſe Angaben würden mithin die allgemeine Anſicht unterſtützen, daß die Endtheile der Tube den Eierſtock während der Zeit des Austrittes des Eichens umfaſſen, ohne jedoch mit ihm durch organiſche Ausſchwitzungsproducte im Normalzuſtande verbunden zu ſein. Im Gegenſatze hierzu glaubte Panck [5]) eine Vereinigung letzterer Art, welche durch ſehr dünne

---

[1]) Th. L. W. Biſchoff Entwickelungsgeſchichte der Säugethiere und des Menſchen. Leipzig, 1842. 8. S. 33. H. L. Zwicky De corporum luteorum origine atque transformatione. Turici, 1844. 8. p. 25.

[2]) Repertorium Bd. VI. S. 249. 50.

[3]) Raciborski a. a. O. 412. [4]) Ebendaselbst p. 417.

[5]) J. E. Panck Entdeckung einer organischen Verbindung zwischen Tuba und Eierstock beim menschlichen Weibe bald nach der Conception. Dorpat und Leipzig, 1843. 4. und Oppenheim Zeitschrift für in- und ausländische Medicin. März, 1844. S. 295—99.

Häute und Fäden vermittelt würde, bei mehreren Frauen, die früher empfangen hatten, vorgefunden zu haben. Gehörten aber Bildungen der Art zum Normalzuſtande, ſo müßten ſie, wie ſich nach dem früher Dargeſtellten annehmen läßt, bei jedem menſtruirenden Individuum vorhanden ſein. Ueberdies fanden ſich auch noch in den von Panck beobachteten Fällen Ausſchwitzungen an der Hinterfläche der Gebärmutter, ſo daß die pathologiſche Natur dieſer Gebilde in hohem Grade wahrſcheinlich ſein dürfte.

Die Veränderungen, welche die Scheide mit ihren Nebengebilden in 1650 Folge der Menſtruation erleidet, ſind noch nicht hinreichend genau ſtudirt. Man weiß nur, daß die Schleimabſonderung der Vagina um dieſe Zeit eher vermehrt als vermindert erſcheint. Eben ſo läßt die Analogie mit brünſtigen Thieren vermuthen, daß die erectilen Gewebe der Scheide zwar nicht geſteift, aber doch in ſtärkerem Maaße als ſonſt mit Blut gefüllt ſein werden. Einzelnen Frauen ſchwellen auch die Brüſte zur Katamenialzeit an.

Begattung. — Wir ſahen ſchon früher, daß die Natur, um die 1651 Erzeugung der neuen Weſen zu ſichern, den an und für ſich für das Individuum gleichgültigeren Begattungsact mit angenehmen Regungen des Nervenſyſtems, mit Wolluſtgefühlen verknüpft und ſo auch diejenige Thätigkeit, die für das Ganze von weſentlicher Nothwendigkeit iſt, zum Gegenſtande perſönlicher Luſt gemacht hat. Die ſinnlichen Empfindungen und ihre Folgen, die auf dieſe Art als Begleiter des Begattungsactes auftreten, ſind keineswegs abſolut an die Gemeinſchaft beider Geſchlechter geknüpft. Jede Friction des Penis erregt Wolluſtgefühle und als Schlußſtein des Ganzen Ejaculation des Samens. Jede vollſtändige Reibung der Vagina ſteigert die Geſchlechtsbegierde und erhöht die Neigung den Coitus auszuüben. Allein keine mechaniſche Anregung wirkt für beide Geſchlechter ſo angenehm und ſo wenig ſchädlich, als die, welche auf dem natürlichen Wege des Beiſchlafes zu Stande kommt. Die weichen befeuchteten Wände der Scheide mit ihren beſtimmten Hervorragungen ſind unzweifelhaft in jeder Beziehung zu dieſem Zwecke genau berechnet.

Die ſinnliche Neigung zum anderen Geſchlecht erſcheint vorzugsweiſe an die Integrität der keimbereitenden Geſchlechtstheile, der Hoden und der Eierſtöcke, gebunden. Sie fehlt daher bei Caſtraten und wahrſcheinlich auch oft bei ſolchen impotenten Perſonen, die keinen mit Spermatozoen verſehenen Samen bereiten können. Das Gleiche findet bei weiblichen Eunuchen und vielleicht ſelbſt bei Frauen mit gänzlicher Entartung der Eierſtöcke Statt. Alle ſolche Perſonen können aber deſſenungeachtet Onanie und Manuſtrupration treiben, weil ihnen dieſe Reizungen ſubjective Wolluſtgefühle bereiten.

Je mehr ſich der Penis bei der Berührung einer Frau ſteift, um ſo 1652 mehr ſteigert ſich auch die Wolluſtbegierde. Aehnliche Verhältniſſe kehren wahrſcheinlich bei dem Weibe, wenn es ſexuell lebhaft aufgeregt iſt, wieder. Die verſchiedenen Schwellgewebe der cavernöſen Körper der Klitoris, der Portio intermedia, der Eichel, der Schaamlefzen und der übrigen Scheidenſchleimhaut richten ſich auf. Der Constrictor cunni oder der weibliche Bulbo-cavernosus zieht ſich wahrſcheinlich ebenfalls rhythmiſch zuſammen, um eine ſtärkere Füllung der Eichel und der Scheide zu bedin-

gen [1]. Die Thätigkeit des Constrictor cunni und der Schwellgewebe verwandeln überdies die ſpaltenförmige Oeffnung der Vagina in eine rundlichere Mündung, und beiderlei Geſchlechtswerkzeuge ſind auf dieſe Art vorbereitet, den Begattungsact vorzunehmen.

Dieſe Präparation der weiblichen Geſchlechtstheile ſcheint bei einzelnen Frauen langſamer und ſchwieriger zu Stande zu kommen, geringere Wolluſtbegierden nach ſich zu ziehen und gegen den Beginn des Coitus gleichgültiger zu laſſen. Umgekehrt verſtärkt ſich die Begierde durch die Reibung der Kitzlergegend mit dem Finger oder ähnliche Mittel, deren ſich Wollüſtlinge zu bedienen nicht ſcheuen, wie z. B. das Anſpritzen von Kölniſchem Waſſer, Champagner u. dgl. Die Empfänglichkeit der Schwellorgane kann bei üppigen Frauen dergeſtalt geſteigert ſein, daß ſich nicht nur ihre Aufregung, ſondern auch rhythmiſche allgemeinere Wolluſtſtöße ohne die Einwirkung des Mannes einfinden.

Reize, welche die Geſchlechtstheile oder deren Nerven treffen, bilden oft die ſicherſten Erreger eines heftigen Wolluſtdranges. Auf dieſe Weiſe werden leicht Steinkranke, Menſchen mit juckenden Ausſchlägen, Kinder mit Madenwürmern in der Scheide u. dgl. zur Onanie verleitet. Innere Nervenreize können den Drang zur Selbſtbefleckung dergeſtalt ſteigern, daß ein früher ſehr züchtiger Menſch an nichts als die Befriedigung ſeiner Wolluſt denkt, alle Schaam in dieſer Hinſicht verliert, nichts weiter als das Geſchäft der Onanie treibt und es ſelbſt noch nicht im Todeskrampf aufgiebt.

1653 Wird nun das in Erection befindliche Glied in den Vorhof der Scheide eingeführt, ſo gleitet zuvörderſt die Eichel des Penis unter der der Klitoris leicht hinweg. Dagegen findet die Eichelkrone an dem Walle der beiden Bulbi vestibuli einen größeren Widerſtand und dringt zwiſchen ihnen mit einem mehr Kraft erfordernden Rucke durch. Sie umfaſſen dann den Körper der Ruthe, die, wenn ſie das Scheidenrohr vollſtändig ausfüllt, das Blut um ſo mehr nach der Klitoriseichel hindrängt und deſto intenſivere Wolluſtempfindungen anregt. Beginnt dann die Friction, ſo kommt die Klitoriseichel mit der Rückenſeite der Eichel und des Körpers des Penis in Verbindung. Unterdeß hat ſchon das Spiel der Bulbo-cavernosi uud zum Theil der Ischio-cavernosi des Mannes, und des Constrictor cunni der Frau begonnen und die Füllung und Empfindlichkeit der Wolluſtorgane erhöht [2]. Ihre Wirkung erreicht daher leicht während jenes Actes ſelbſt den höchſten Grad und hört bei dem Manne nach der vollſtändigen Entleerung des Samens und dem Zuſammenfallen des Gliedes, bei der Frau dagegen mit dem Mangel der Ausfüllung der Scheide durch jenen reizenden Körper auf.

1654 Schon die oben erwähnte Vorbereitung der männlichen und weiblichen Genitalien ruft die Zeichen allgemeinerer Aufregung hervor. Das Herz klopft nicht ſelten ſchneller, das Geſicht wird heißer, der ganze Menſch aufgeregter und die bloße Begierde der Geſchlechtsbefriedigung unterdrückt nicht ſelten jede andere Rückſicht. Hat die fleiſchliche Berührung begonnen, ſo ſteigern ſich nicht nur dieſe Verhältniſſe beiderſeits, ſondern inſtinctartige Bewegungen des Rumpfes und der Füße erhöhen das unmittelbare Aneinanderhaften. Bisweilen kommen noch Zuckungen der Geſichtsmuskeln, Bewegungen der Zunge, Sinnesphantasmen, vorzüglich Funkenſehen und

---

[1] Kobelt Die männlichen und weiblichen Wollustorgane untersucht und dargestellt. Freiburg, 1844. S. 59.

[2] Kobelt a. a. O. S. 59—61.

Ausbruch von Schweiß, ſeltener von Seiten der Frau Uebelkeiten, Ohnmachten oder allgemeinere Krämpfe hinzu. Indem ſich aber die heftige Aufregung immer mehr ſteigert, kann ein etwa vorhandenes Aneurysma oder eine Vomica während des Culminationspunctes des Coitus platzen und ſo bald darauf den Tod nach ſich ziehen.

Der Rückfall in Abſpannung ſcheint bei der Frau etwas ſpäter als 1655
bei dem Manne aufzutreten. Dieſes kann davon herrühren, daß hier kein ſolches beſtimmendes Moment, wie die Ejaculation und das mit ihr verbundene Zuſammenfallen des Gliedes vorhanden iſt, mithin erſt der Mangel an Ausfüllung der Scheide als Ende des Actes das Beſtimmungsglied bildet. Ob jedoch nicht auch die Anſpritzung des Samens an die Wände der Scheide und vorzüglich an die Gebärmuttermundslefzen und die Innenwände des Uterus mit Wolluſtempfindungen verbunden ſei, ſteht dahin.

Unmittelbar darauf iſt die Wolluſtbegierde erloſchen. Die geſchlech- 1656
tigen Beziehungen werden für den Augenblick gleichgültiger. Das Herz klopft noch einige Zeit ſtärker und bisweilen hin und wieder ausſetzend fort. Der Menſch wird herabgeſtimmt, nicht ſelten ſogar traurig und ſehnt ſich eher nach Schlaf. Bisweilen geſellen ſich hierzu ein Gefühl von Abgeſchlagenheit im Körper, eine vermehrte Abſonderung der Talgdrüſen des Geſichtes, vorzüglich derer, welche in der Gegend der Naſenflügel liegen, eine ſtärkere Secretion von Naſenſchleim oder Verſtopfung der Naſe wie bei dem Anfange und dem Schluſſe des Katarrhes, blaue Ringe um die Augen, Druck in denſelben u. dgl. Der Mann empfindet nicht ſelten ein ſchwaches Nagen im Magen, hat etwas Hunger und fühlt ſich wohler, ſobald er dieſen geſtillt hat. Einzelne Frauen haben Aufſtoßen, Uebelkeiten, Erbrechen, Schmerzen im Unterleibe, Drang zum Harnen und ähnliche leichte Beſchwerden.

Befruchtung. — Die an Fröſchen und Fiſchen leicht anzuſtellenden 1657
Beobachtungen lehren, daß der bloße mechaniſche Contact des Samens und des Eies, ohne Zuthun der mütterlichen Individuen, welche dieſelben gebildet haben, zur Befruchtung hinreicht. Man braucht nur die Eier eines rogenden und den Samen eines milchenden Fiſches in eine Schale mit Waſſer auszudrücken und das Ganze gehörig zu miſchen, um zu dem erwünſchten Reſultate zu gelangen. Dieſes kommt ſelbſt, wenn das mütterliche Thier einige Stunden vor dem Auspreſſen der Eier geſtorben iſt, zu Stande. Was den Samen betrifft, ſo müſſen noch die Spermatozoen in lebhafter Bewegung begriffen ſein, wenn Befruchtung erfolgen ſoll. Findet dieſes nicht Statt, oder gebraucht man mit Waſſer verdünntes Sperma, von welchem die Spermatozoen durch Filtration größtentheils abgeſchieden worden, ſo wird keine Embryonalentwickelung erzielt. Die noch lebenden Samenfaden bilden daher eine weſentliche Bedingung der Befruchtung.

Wir wiſſen noch nicht beſtimmt, welcher Eigenſchaft ſie dieſen Einfluß verdanken. Die Hypotheſe älterer Forſcher, daß das neue Weſen ſelbſt aus einem Spermatozoon entſtehe, iſt durch die embryologiſchen Studien widerlegt worden. Eben ſo problematiſch bleibt die Angabe von Barry, daß ein Samenfaden des Kaninchens in das Eichen deſſelben durch eine Oeffnung eindringe. Dieſe Thatſache, welche ſchon an und für ſich

eine Paradoxie erſten Ranges bilden würde, wird von Biſchoff [1]) entſchieden in Abrede geſtellt. Auch ließe ſich nicht einſehen, was das durch eine Spalte der Zona eingetretene Spermatozoon in dem Dotter machen ſollte. Die Annahme endlich, daß der Same bloß dynamiſch, etwa wie die Elektricität auf eine chemiſche Löſung wirken ſolle, läßt ſich bis jetzt nicht klar entwickeln und hat vorläufig ebenfalls keinen feſten Boden. Wenigſtens exiſtirt keine Thatſache, welche zu ihrer Aufſtellung nöthigte. Der Analogie nach dürfte vielleicht eine einfache Hypotheſe die genannten Verhältniſſe leichter erklären. Wir wiſſen, daß manche delicate chemiſche Löſungen ſogleich Zerſetzungen erleiden, ſo wie ſie ruhig ſtehen, ſich dagegen, ſo lange ſie geſchüttelt werden, unverſehrt erhalten. Nehmen wir an, daß das Gleiche bei der Samenflüſſigkeit Statt finde, ſo ließe ſich hiernach einſehen, warum bewegliche Spermatozoen überhaupt vorhanden ſind und die Samenflüſſigkeit nach dem Abſterben derſelben oder ohne ſie die Fähigkeit der Befruchtung verliert. Gelangt dagegen das durch die Thätigkeit der Samenfaden friſch erhaltene Samenfluidum auf das Eichen, ſo muß es durch die Zona pellucida hindurch einen endosmotiſchen Austauſch mit der Flüſſigkeit des Dotters eingehen und kann auf dieſe Art die fernere Embryonalentwickelung einleiten.

Es ergiebt ſich hieraus von ſelbſt, daß ein Menſch, welcher kein Sperma mit thätigen Spermatozoen abſondern kann, trotz aller anderen Kräfte ſeiner Geſchlechtstheile impotent iſt. Einen anſchaulichen Beleg für die Richtigkeit dieſes Satzes geben uns die thieriſchen Baſtarde. In den Hoden der Mauleſel fehlen die Spermatozoen, wie ſich ſchon aus älteren Erfahrungen und auch aus neueren Beobachtungen von Gerber ergiebt. Das Gleiche findet auch bei Vogelbaſtarden, z. B. von Kanarienvögeln und dem Stieglitz, Statt [2]). Wie es jedoch ſcheint, müſſen die Eichen dieſer Thiere eine noch unbekannte Eigenthümlichkeit darbieten. Wir wiſſen nämlich, daß Mauleſel ſelbſt dann nicht trächtig zu werden pflegen, wenn man ihnen die Begattung durch einen ſonſt kräftigen Hengſt geſtattet. Gerber beobachtete aber in einem Falle bei einem weiblichen Maulthiere gelbe Körper, die wahrſcheinlich in Folge der Brunſt nach dem §. 1647 geſchilderten Vorgange entſtanden waren. Daß dagegen eine Befruchtung zweier Individuen, welche verſchiedenfarbigen Menſchenracen angehören, möglich ſei, iſt hinreichend bekannt.

1658 Wir haben früher (§. 1509) geſehen, daß die Reibung der Scheide friſch getödteter Thiere Reflerbewegungen der Tuben und der Gebärmutter veranlaßt. Es wäre daher möglich, daß das Gleiche auch bei der Frau der Fall wäre und hierdurch der Eintritt des Samens in den Uterus weſentlich befördert würde. Aehnliche Erſcheinungen bedingen bei dem Pferde nach Günther eine Art von Anſaugung der Eichel. Findet auch vielleicht nicht etwas der Art bei dem Menſchen Statt, ſo könnte doch der Gebärmuttermund durch jene Reflerthätigkeit zur Aufnahme des ohnedies in einem Strahle hervortretenden Samens geöffnet werden. Hiermit ſcheint auch die Angabe von Haller zu ſtimmen, daß das Sperma nach einem unfruchtbaren Beiſchlafe wiederum aus der Scheide abzulaufen, nach einem fruchtbaren dagegen zurückgehalten zu werden pflege. Jedoch wäre es auch möglich, daß dieſe Aeußerung auf einer Verwechſelung beruhe. Denn der reichlicher abgeſonderte Schleim läuft bei vielen Frauen kurze Zeit nach dem Coitus in ſtärkerem Maaße durch die Schamſpalte ab.

1659 Directe Beobachtungen, welche von Biſchoff [3]) an Hündinnen angeſtellt worden, lehrten, daß der Same mit ſeinen lebhaften Spermatozoen nicht bloß die Gebärmutter und die Tuben durchwandert, ſondern auch

---

[1]) Th. E. W. Entwickelungsgeschichte des Kaninchen-Eies. Braunschweig, 1842. 4. S. 31.

[2]) R. Wagner a. a. O. S. 27.

[3]) Th. L. W. Biſchoff Entwickelungsgeſchichte der Säugethiere und des Menſchen. Leipzig, 1842. 8. S. 21.

bis auf die Oberfläche des Eierſtockes gelangen kann. Der Ort nun, an welchem er auf dieſem Wege den behufs der Befruchtung zur Dispoſition geſtellten Eichen begegnet, hängt, wie es ſcheint, von Zufälligkeiten ab. Sind die Ovula ſchon in Folge der Brunſt oder der Menſtruation ausgetreten, ſo wird er ſie (im Uterus oder) in den Tuben antreffen. Befinden ſie ſich dagegen noch in den gereiften Follikeln, ſo muß er mit ihnen auf dem Eierſtocke in mittelbare Berührung kommen. Iſt endlich die Zeit eingetreten, in welcher die durch die periodiſche Geſchlechtsaufregung ausgetretenen Eichen zu Grunde gegangen, ſo wird keine Befruchtung trotz der Normalität des Sperma Statt finden können. Man wäre daher im Stande, dieſen letzteren Fall als Norm bei einer Frau anzunehmen, die regelmäßig alle vier Wochen ihre Katamenien hat und in den letzten $1\frac{1}{2}$ bis 2 Wochen vor dem Wiedererſcheinen derſelben den Einflüſſen des Coitus ausgeſetzt wird. Umgekehrt können viele Fälle von Unfruchtbarkeit dadurch aufgehoben werden, daß man die Ausübung des Coitus am Ende der Menſtruation oder unmittelbar nach dem Aufhören derſelben anempfiehlt. Auf demſelben Principe beruhen auch die Reinigungsvorſchriften, welche wir im alten Teſtamente vorfinden.

Die Urſache der Wanderung der Spermatozoen nach dem Eierſtocke iſt bis jetzt noch nicht vollſtändig aufgeſtellt. Am nächſten läge, an die Thätigkeit des Flimmerepithelium, welche die Oberfläche der Gebärmuttermundslefzen und die Schleimhaut des Uterus und der Tuben bekleidet, zu denken. Allein die Richtung dieſer Bewegung geht vom Eierſtock nach der Gebärmutter. Sie würde alſo in einer Direction, welche eher der Wanderung der Eichen entſpricht, erfolgen. Sollte ſie auch den Samen befördern, ſo müßte ſie in die entgegengeſetzte Direction umſchlagen, wie dieſes zwar bei Muſcheln (§. 605), nicht aber bei höheren Geſchöpfen beobachtet worden. Fände dieſes nicht Statt, ſo könnte man nur annehmen, daß entweder die Spermatozoen ſelbſt durch ihre eigene Bewegung fortkommen (Henle) und daß ihnen gleichzeitige Zuſammenziehungen des Uterus und der Tuben nachhelfen. Da es, wie Verſuche an Thieren gelehrt haben, nur einer ſehr geringen Menge kräftigen Samens zur Befruchtung bedarf, ſo iſt keine der genannten Hypotheſen wenigſtens nach unſerem bisherigen Wiſſen unmöglich.

Da die durch die Brunſt der Säugethiere austretenden Eichen die Gebärmutterhörner, ohne zu Grunde zu gehen, erreichen, ſo leidet es kaum einen Zweifel, daß ſie ſchon hier befruchtet werden können. Ob aber das Gleiche bei dem Menſchen Statt finde, ſteht dahin, weil vielleicht der Ueberreſt der Menſtruation wenigſtens im Anfange hindernd eingreifen könnte. Eben ſo wäre es denkbar, daß eine Art Unfruchtbarkeit der Frauen dadurch zu Stande käme, daß keine Eichen in Folge ihrer monatlichen Reinigung austreten oder keine Empfänglichkeit für den normalen Samen, wie bei weiblichen Baſtarden, vorhanden iſt.

Die von ſelbſt austretenden Ovula befinden ſich nach Biſchoff in 1660
dem Anfange ihrer Entwickelung. Die Zellen ihres Discus zeigen ſich bisweilen ſpindelförmig oder ſind gänzlich geſchwunden, während ſelbſt eine dünne Schicht von Eiweiß um ihre Zona herumgelagert ſein kann. Das Keimbläschen ſcheint ebenfalls zu Grunde gegangen und die Gruppirung der Dotterelemente verändert zu ſein. Umgiebt nun der Same mit ſeinen lebhaften Spermatozoen des Eichen, ſo führt er im günſtigſten Falle dieſe Metamorphoſen weiter fort, ſo daß endlich ein Embryo entſteht und zu einem vollkommenen ſelbſtſtändigen Weſen entwickelt wird.

Der männliche Organismus verhält ſich nach dem Beiſchlafe auf die 1661
gleiche Weiſe, er mag befruchtend gewirkt haben oder nicht. Eine un-

mittelbare Fecundation ließe ſich ohnedies nur dann denken, wenn der Samenſtrahl das ſchon im Uterus vorliegende Eichen erreichen könnte. Sonſt dagegen bedarf wahrſcheinlich immer die Wanderung des Sperma bis zu den Tuben mindeſtens einer Zeit von mehreren Stunden. Anders dagegen kann ſich der weibliche Körper verhalten. Während ſich manche Frauen ihrer Empfängniß gar nicht bewußt werden, erkennen ſie andere an den Uebelkeiten oder dem Erbrechen, welches ſie des Morgens bei dem Aufſtehen oder im Laufe des nachfolgenden Tages befällt. Anderen läuft nur der Speichel im Munde zuſammen oder ſie leiden an Schmerzen im Hinterhaupte, Schwindel, Herzklopfen, Koliken, Gasauftreibung der Gedärme und haben einen entſchiedenen Widerwillen gegen das männliche Geſchlecht. Jedoch liefern alle dieſe Zeichen, ſelbſt wenn ſie vorhanden ſind, keinen ſicheren Beleg für den erſten Anfang der Schwangerſchaft.

Entwickelung.

1662 Schwangerſchaft. — Sehr oft fehlen alle ſicheren äußeren Zeichen der Statt gefundenen Empfängniß in der erſten Zeit nach der Befruchtung. Treten aber Symptome, welche eine allgemeinere Reaction verrathen, wie z. B. Uebelkeiten, Erbrechen, Zuſammenlaufen von Waſſer im Munde, Schwindel, Schmerzen im Hinterhaupte, Auftreibung des Unterleibes u. dgl. hervor, ſo laſſen ſich hierauf nur Vermuthungen und keine unzweifelhaften Folgerungen bauen. Bezeichnender iſt ſchon das Ausbleiben der nächſten Menſtruation, obgleich auch dieſe natürlich aus anderen Gründen fehlen kann und manche Frauen einen periodiſchen Blutabgang aus den Genitalien in den erſten Monaten ihrer Schwangerſchaft beibehalten oder ihn ſelbſt in ſehr ſeltenen Fällen nur zu dieſer Zeit darbieten. Gewiſſe Explorationszeichen, wie z. B. das tiefere Hinabſteigen der Vaginalportion der Gebärmutter in die Scheide, ein größerer Verſchluß des Muttermundes und die dunkelere Färbung der Scheidenſchleimhaut bilden nur höchſt prekäre Merkmale, die eben ſo gut fehlen als anderer Urſachen wegen vorhanden ſein können.

1663 Reizbare Frauen leiden häufig in dem Verlaufe des zweiten und dritten Monates ihrer Schwangerſchaft an heftigem Erbrechen. Es ſtellt ſich oft nur zu einzelnen Tageszeiten, vorzüglich des Morgens ein, erreicht dagegen auch häufig eine ſolche Intenſität, daß faſt nichts als Eigelb und ſelbſt dieſes kaum ertragen wird. Solche Beſchwerden können ſogar während der erſten Hälfte der Schwangerſchaft und ſelbſt länger ununterbrochen fortdauern. Seltener dagegen ereignet ſich der Fall, daß ſie nicht in dem Anfange, ſondern erſt gegen das Ende derſelben auftreten. Zu ihnen geſellen ſich dann Congeſtionen nach dem Kopfe, Schwindel, Zahnſchmerzen, Abneigung vor den Speiſen, beſondere Eßgelüſte, einzelne Anfälle von Fröſteln, Stiche in den Brüſten, Abnormitäten des Stuhlganges, Veränderungen der Beſchaffenheit des Harnes und des Geruches der Hautausdünſtung und Widerwillen gegen das männliche Geſchlecht. Während aber einerſeits alle dieſe Erſcheinungen mangeln können, ſind auch ander-

ſeits bloße Nervenverſtimmungen oder die Begierde, ſchwanger zu werden, im Stande, die geſammte Reihe oder einen Theil derſelben hervorzurufen.

Der Unterleib und die von der Scheide aus zugänglichen Parthien 1664
der Geſchlechtswerkzeuge zeigen bisweilen ſchon in den erſten Schwangerſchaftsmonaten einzelne Veränderungen, welche ebenfalls zu Wahrſcheinlichkeitsbeſtimmungen gebraucht werden können. Während nämlich häufig der Unterleib kurze Zeit nach der Empfängniß ausgedehnt erſcheint, iſt er im zweiten bis dritten Monat abgeplatteter als ſonſt und beginnt gegen das Ende dieſes Zeitabſchnittes, mit einer etwas ſtärkeren Wölbung über den Schambeinen hervorzutreten. Die Nabelgrube zieht ſich auch unter jenen erſteren Verhältniſſen etwas ſtärker ein. Der Uterus ſteht Anfangs etwas tiefer und hebt ſich ſpäter wieder in die Höhe. Das Gleiche findet auch an ſeiner Vaginalportion, die mehr nach rückwärts gekehrt iſt, Statt [1]).

Die Gebärmutter vergrößert ſich von nun an dergeſtalt, daß ihr 1665
Grund ſchon durch die Bauchdecken hindurchgefühlt werden kann. Sie ſteht im vierten Mondsmonate etwas über den Schambeinen, im fünften zwiſchen dieſen und dem Nabel, im ſechſten in der Höhe des letzteren, in dem ſiebenten einige Finger breit über demſelben, im achten noch etwas höher und endlich im neunten in der Gegend der Herzgrube, während ſie wiederum im zehnten bis zur Hälfte des Abſtandes zwiſchen dem Nabel und der Herzgrube zurückkehrt. Dieſem entſprechend werden die Bauchdecken ausgedehnt, ſo daß der Unterleib immer mehr halbkugelförmig hervortritt. Die Nabelgrube erhebt ſich dabei vom ſechſten Monate an immer mehr und glättet ſich aus. Der Nabelring iſt im neunten Monate ſehr ſtark geſpannt; der Nabel ſelbſt wird dann bis zum Ende der Schwangerſchaft fingerhutförmig hervorgetrieben. Die Haut unterhalb deſſelben bildet oft, vorzüglich in der Inguinalgegend, eigenthümliche Falten, welche in der Regel im ſiebenten Monate auftreten. Nicht ſelten lagert ſich hier oder an der Bruſtwarze Pigment ab.

Die Gewebe des Uterus verändern ſich bei dieſer Vergrößerung deſſelben, welche eine Art normaler Hypertrophie des Organes darſtellt, auf eine auffallende Weiſe. Die Muskelfaſern der Mittelſchicht werden röthlicher. Die geſchlängelten Arterien ziehen ſich bis zum Ende der Schwangerſchaft immer mehr aus und vergrößern ſich fortwährend. Eine faſt noch bedeutendere Volumenszunahme zeigen die Venen. Auch die Nerven werden nach Tiedemann um vieles zahlreicher, und vorzüglich ſind es nach Remak die grauen Elemente derſelben, welche durch ihre Maſſenverſtärkung die bedeutendere Entwickelung bedingen.

Die Vaginalportion der Gebärmutter ſteht im Allgemeinen ſchon im 1666
vierten Monate ziemlich hoch, erſcheint überdies im achten ſtark verkürzt und mehr nach hinten gerichtet, erreicht im neunten das Maximum ihrer Höhe und verkürzt ſich endlich im zehnten in Folge der immer zunehmenden Ausdehnung und Verdünnung des Uterus auf keine bloß ſcheinbare Weiſe. Dieſe Erſcheinung tritt bei Erſtgebärenden am ſtärkſten hervor; der Uterus von Mehrgebärenden aber verſtreicht nicht völlig an ſeiner Vorderlippe.

---

[1]) H. F. Kilian Die Geburtslehre von Seiten der Wissenschaft und Kunst dargestellt. Erster Theil. Frankfurt am Main, 1839. 8. S. 175.

Der äußere Muttermund öffnet ſich ſchon in geringem Grade an dem Anfange der letzten Hälfte der Schwangerſchaft und läßt im neunten Monate die Fingerſpitze mit Leichtigkeit durch ſich hindurchdringen. Man kann auf dieſe Weiſe am Ende der Schwangerſchaft bis zu den Eihäuten gelangen. Die Verdünnung des unteren Uterustheiles, welcher von der Scheide aus erreicht werden kann, erlangt ihren höchſten Grad kurz vor der Geburt. Um dieſe Zeit iſt auch die Vermehrung der Schleimabſonderung der Vagina, welche ſchon im vierten Monate in auffallenderem Maaße hervortreten kann, am bedeutendſten.

1667 Je mehr ſich der Uterus vergrößert, um ſo leichter kann die hierdurch bedingte Beengung des Raumes, welcher ſonſt für andere Organe beſtimmt iſt, beſondere Beſchwerden veranlaſſen. Sein Druck auf den Maſtdarm erzeugt Stuhlverſtopfung, ſeine Einwirkung auf die Blaſe eine gewiſſe Unpünktlichkeit der Harnentleerung, ſo daß die Frauen keine größeren Mengen von Urin zurückhalten können, ihn öfter als ſonſt entleeren müſſen und unwillkürlich Tropfen deſſelben bei dem Huſten, Nieſen, Lachen u dgl. verlieren. Die Beeinträchtigung der Thätigkeiten des Zwerchfelles und der Bauchmuskeln verurſacht Athembeſchwerden, und dieſes Moment, ſo wie die ungewohnte neue Laſt hindern das Laufen, Treppenſteigen u. dgl. Der Gang ſelbſt iſt wackelnd. Die Frau ſchwankt von einer Seite zur anderen und biegt ihren Oberkörper nach hinten, um die Schwerlinie zwiſchen ihren Beinen zu erhalten. Der Druck des ausgedehnten Uterus auf die Lymphgefäße des Beckens veranlaßt Oedem, der auf die Venen Blutaderknoten an den unteren Extremitäten. Es werden nicht viel Speiſen vertragen; es entſtehen leicht Congeſtionen nach dem Kopfe, Schwindel, ſubjective Bilder, Ohrenklingen, Zahnſchmerzen u. dgl. Die Volumenverkleinerung der Gebärmutter im letzten Schwangerſchaftsmonate lindert oft dieſe Beſchwerden, ſo daß ſich häufig die Frauen kurz vor ihrer Niederkunft wohler als früher befinden.

1668 Die Brüſte können ſchon in den erſten Schwangerſchaftsmonaten in geringem Grade turgesciren und vergrößerte und dunkler gefärbte Warzen darbieten. Sie entwickeln ſich nach und nach immer ſtärker, liefern oft ſchon im ſiebenten Monate eine nicht unerhebliche Menge einer hellen Flüſſigkeit und ſondern vor der Niederkunft eine noch bedeutendere Quantität eines blasgelblichen bis weißlichen Fluidums, das jedoch noch keine wahre Milch iſt, ab. Alle dieſe Vorbereitungen können jedoch auch bei Müttern, die ſpäter ſehr gute Ammen abgeben, größtentheils bis gänzlich fehlen.

Ueber den Urin der Schwangern ſiehe Bd. I. S. 669. Vergl. Golding Bird in Guy's Hospital Reports. Vol. V. p. 15—26. C. K. Kane Experiments on Kiesteine with remarks on its application to the diagnosis of pregnancy. Philadelphia, 1842. 8. Oppenheim's Zeitschrift. Bd. 24. Hamburg, 1843. 8. S. 72.

1669 Die ſicherſten Schwangerſchaftszeichen beſtehen in denjenigen Merkmalen, welche durch den Fötus ſelbſt bedingt werden. Die von Zeit zu Zeit erfolgenden automatiſchen Regungen deſſelben, die ſogenannten Kindsbewegungen, welche ſich unter manchen Verhältniſſen, z. B. Abends bei

der erſten Einwirkung des Liegens im Bette, verſtärken, werden in der Regel zuerſt von der Mutter um die Mitte oder gegen das Ende des fünften Monates gefühlt. Jedoch können ſich in dieſer Hinſicht hyſteriſche Frauen oder ſolche, welche ſchwanger zu werden wünſchen, in hohem Grade täuſchen. Der Arzt darf daher in zweifelhaften Fällen nur dann auf ſie ein ſicheres Urtheil bauen, wenn er ſie ſelbſt mit ſeiner auf den Leib gelegten Hand fühlt. Deutlicher noch belehrt ihn in dieſer Beziehung das Stethoſkop, wenn es ihm den Herzſchlag des Kindes oder die Blutbewegung in dem Fruchtkuchen, das ſogenannte Placentargeräuſch, unzweifelhaft angiebt. Die Herztöne der Frucht laſſen ſich aber nach F. Naegelé am früheſten in der achtzehnten Woche deutlich wahrnehmen. Vom ſiebenten bis achten Monate an fühlt man bei dem Touchiren oder ſelbſt äußerlich am Bauche einzelne Kindestheile, die jedoch leicht jedem ſtärkeren Drucke ausweichen. Gegen Ende der Schwangerſchaft iſt in der Regel der Kopf tief herabgeſunken und leiſtet dem durch den Muttermund eindringenden Finger einen bedeutenderen Widerſtand.

Offenbar gehen auch unterdeß in dem Organismus der Mutter, welche 1670
das Nahrungsmaterial für den Embryo zu liefern hat, die weſentlichſten Veränderungen vor ſich. Selbſt chlorotiſche Perſonen gewinnen, wenn keine krankhaften Schwangerſchaftsbeſchwerden eintreten, ein blühenderes Ausſehen. Phthiſis, colliquative Schweiße, Diarrhöen u. dgl. ſtehen ſtill, um nach dem Wochenbette mit deſto größerer Heftigkeit von Neuem zu erwachen und den Organismus ſchneller aufzuzehren. Eben ſo ſollen Knochenbrüche langſamer heilen, chroniſche Hautausſchläge weniger raſch um ſich greifen und ſelbſt die ſyphilitiſche Anſteckung minder leicht erfolgen. Di Mengee der Kohlenſäure, welche Schwangere ausſcheiden, verhält ſich, wie bei Frauen, welche in ihrer Revolutionsperiode ſtehen (Andral u. Gavarret) (§. 1723). Urin und Stuhl ſind bisweilen, jedoch keineswegs immer dunkler als ſonſt gefärbt. Die geiſtigen Thätigkeiten endlich werden leichter exaltirt und in einſeitigen abnormen Richtungen fortgezogen.

Wählt man den in Folge der letzten Menſtruation zu Stande ge- 1671
kommenen Austritt des Eichens aus dem Eierſtocke als Ausgangspunkt der Rechnung, ſo beträgt wahrſcheinlich die regelrechte Dauer der Schwangerſchaft genau 10 Mondsmonate oder 280 Tage. Es verſteht ſich aber von ſelbſt, daß krankhafte Verhältniſſe die Geburt beſchleunigen und einen Abortus oder eine Frühgeburt bedingen können. Ob jedoch bisweilen der Termin derſelben wahrhaft verlängert werde, bleibt, ſo oft ſich auch die Frauen in dieſer Hinſicht verrechnen, immer noch zweifelhaft.

Embryonalentwickelung. — Findet das Eichen, welches in Folge 1672
der Menſtruation ausgetreten, keinen Samen, der ſeine weitere Ausbildung anregt, ſo hört auch die fernere erhöhte Thätigkeit des Uterus nach und nach auf. Alles kehrt mit dem Nachlaſſen der Regeln in ſeinen früheren Zuſtand zurück. Entwickelt ſich aber das Ei, nachdem es befruchtet worden, fernerhin, ſo dauert auch die eigenthümliche Thätigkeit der Gebärmutter ſpäter fort. Es bilden ſich dann an ihrer Schleimhaut zottenartige,

aus Exſudatkörperchen und deren ſpäteren Metamorphoſen beſtehende Ausſchwitzungen, welche ſich nach und nach zu einer zuſammenhängenden Membran in mehreren Schichten netzartig verflechten. Auf dieſe Weiſe bildet ſich dann die mit eigenen durchziehenden Blutgefäßen verſehene hinfällige Haut (Membrana decidua), deren ſpecielle Organiſation noch beſonderer Studien bedarf. Sie erzeugt ſich, bevor noch das Eichen in die Gebärmutter eintritt, und ſtellt wahrſcheinlich dann einen überall oder wenigſtens auch an den Tubenmündungen geſchloſſenen Sack a (Fig. 229), deſſen Inneres b nach Breſchet von einer Flüſſigkeit, der Hydroperione, ausgefüllt wird, dar. Dringt nun das Ovulum a (Fig. 230) von der einen Tubenöffnung aus in die Gebärmutter ein, ſo ſtülpt es den vorliegenden Theil der hinfälligen Haut ein. Wir erhalten auf dieſe Art eine innere Lage, die umgeſtülpte Neſthaut (Membrana decidua reflexa) b (Fig. 230), eine äußere urſprüngliche Schicht, die wahre Neſthaut (Membrana decidua vera) c, und zwiſchen beiden die Hydroperione d. Die letztere verſchwindet, wenn ſich das Ei ſo weit vergrößert, daß es die Höhle der Gebärmutter ausfüllt. Decidua vera und reflexa kommen dann unmittelbar an einander und verharren bis zur Geburt. An der Einſtülpungsſtelle dagegen entſteht nach einigen Forſchern ein neuer häutiger Verſchluß, den man mit dem Namen der Decidua serotina bezeichnet.

Fig. 229.

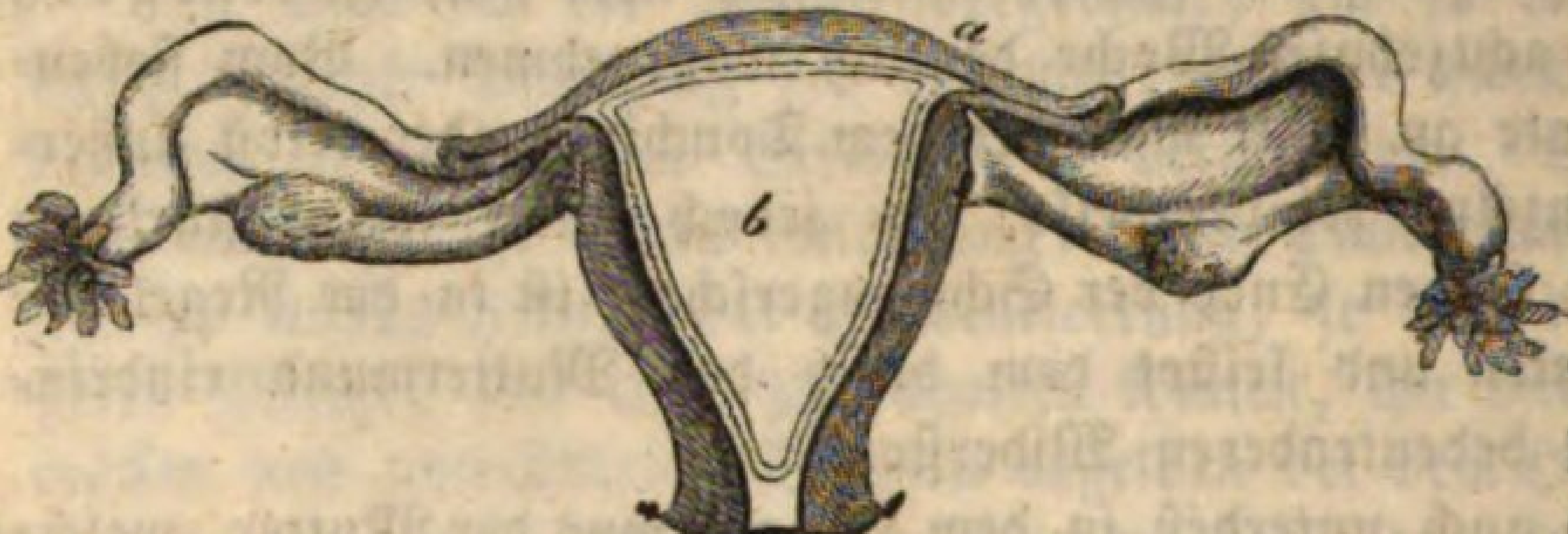
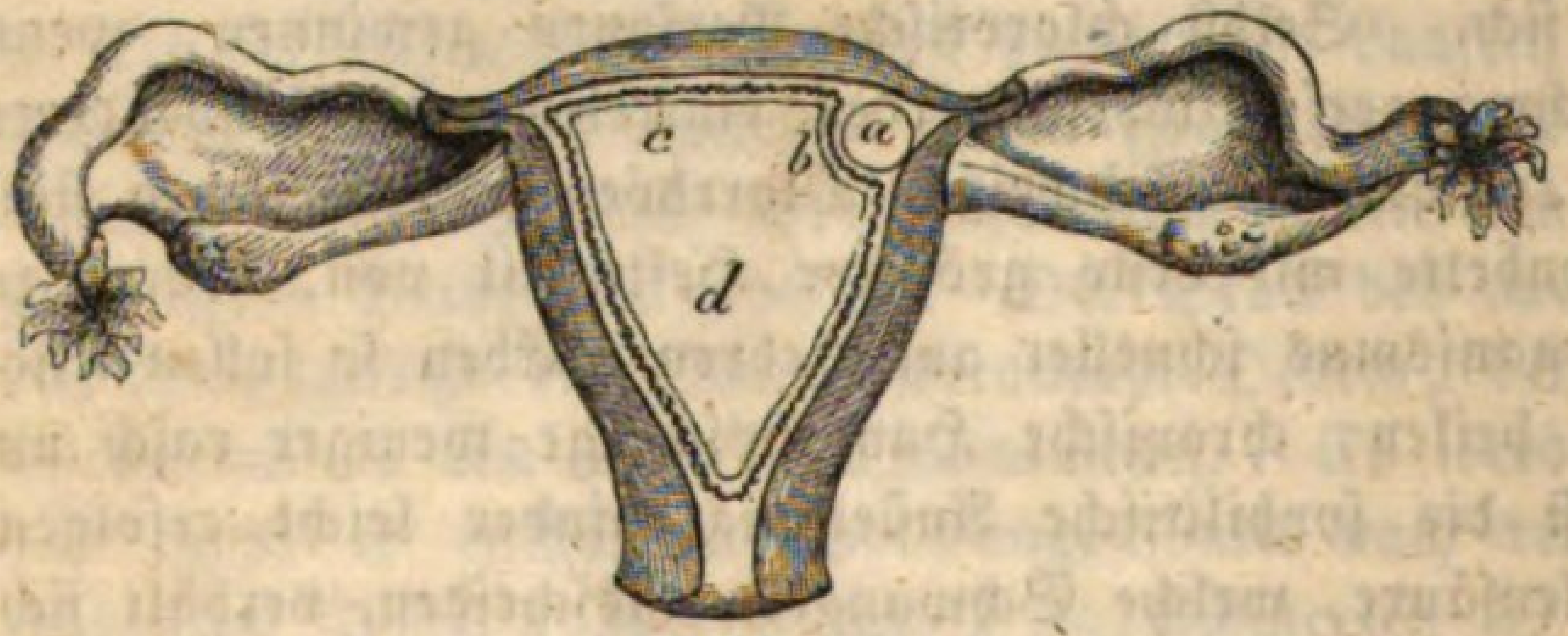


Fig. 230.



1673 Die Zeit, zu welcher das menſchliche Eichen in die Gebärmutter gelangt, läßt ſich um ſo weniger genau beſtimmen, als wahrſcheinlich der Austritt deſſelben aus dem Ovarium nicht von dem Beiſchlafe, ſondern von der vorangehenden Menſtruation abhängt. Alle Erfahrungen ſcheinen jedoch darauf hinzudeuten, daß dieſer Uebergang in den Uterus mindeſtens nicht vor der letzten Hälfte der zweiten Woche, nachdem es das Ovarium verlaſſen, erfolgt. Seine Fortſchaffung könnte eben ſo gut durch Flimmerbewegung als durch die Periſtaltik der Tuben zu Stande kommen.

Wie die allererſten Veränderungen des Eies ohne die Thätigkeit des Samens auftreten, ſo iſt der Aufenthalt im Uterus keine nothwendige Bedingung der Fortentwickelung deſſelben. Dieſes beweiſen die krankhaften Schwangerſchaftsarten, welche bei dem Menſchen vorkommen können. Man unterſcheidet nämlich in dieſer Hinſicht folgende Typen. 1) Eierſtocksſchwangerſchaft (Graviditas oarica). Das Eichen tritt hier nicht zum Ovarium heraus, ſondern erfährt wahrſcheinlich die Wirkung des Samens, indem

dieſer bis zu dem Eierſtocke fortgeführt wird. Hat die Entwickelung einen gewiſſen Grad erreicht, ſo berſtet das Ovarium und der Tod der Mutter durch innere Verblutung bildet die unmittelbare Folge dieſer unglücklichen Verhältniſſe. 2) Bauchſchwangerſchaft (Graviditas abdominalis). Hier tritt zwar das Eichen zum Eierſtocke heraus, gelangt aber, indem es entweder nicht von der Tube aufgefangen oder zur Abdominalöffnung derſelben wieder herausgetrieben wird, in den Raum zwiſchen Gebärmutter und Maſtdarm. Es kann ſich nun in dieſem Raume auf eine noch nicht ſpeciell nachgewieſene Art ein vollkommenes Kind entwickeln. Da aber die Geburt nicht zu erfolgen vermag, ſo trocknet es ein, wird zu einem ſogenannten Steinkind (Lithopaedion) und kann Jahre lang in dieſem Zuſtande verweilen. Man findet daher oft bei der Section ſolcher Frauen eine weiche kugelige Maſſe, welche reife Kindsknochen enthält, oder einen zuſammengeſchrumpften Fötus an der genannten Stelle. Häufig dagegen wirkt dieſer fremde Körper reizend, erregt Entzündung, Vereiterung und Abſceßbildung vorzüglich am Maſtdarme. Es kann auf dieſe Art Knochen für Knochen nach und nach durch die künſtliche Oeffnung hervortreten und erſt, wenn ſie alle entfernt worden, findet eine vollkommene Geneſung der Mutter Statt. 3) Tubenſchwangerſchaft (Graviditas tubaria). Das Eichen rückt zwar in dieſem Falle bis in den Eileiter vor, bleibt aber hier ſtehen und entwickelt ſich bis zum dritten bis vierten Monate. Das Volumen, welches es dann erreicht, bringt die Tube zum Berſten und tödtet die Mutter binnen ſehr kurzer Zeit durch innere Verblutung. Endlich 4) Interſtitialſchwangerſchaft (Graviditas interstitialis). Hier ſcheint das Ei, welches ſich etwas länger als im vorigen Falle, ehe es den Tod der Mutter bedingt, entwickeln kann, in der Wandung des Uterus zu liegen. Die natürlichſte Erklärung dieſer noch ſehr dunkelen Fälle beſteht darin, daß man annimmt, das Ovulum bleibe an der Uebergangsſtelle von Tube und Gebärmutter haften und vergrößere ſich dann in der Wandungsmaſſe der letzteren. Die Unabhängigkeit der Bildung der Decidua wird in dieſen Fällen dadurch erhärtet, daß ſie in der Majorität ſolcher unglücklichen Schwangerſchaftsarten, vorzüglich der Graviditas tubaria, vollſtändig vorhanden iſt.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß nicht bloß eines, ſondern auch mehrere Eichen gleichzeitig befruchtet und zur Entwickelung gebracht werden können. Wir erhalten auf dieſe Weiſe Zwillinge, Drillinge u. ſ. w. Die größte Zahl von gleichzeitig entwickelten Früchten aber, welche mit Sicherheit bei dem Menſchen beobachtet worden, ſtieg auf ſechs. In der Regel haben alle ſolche Embryonen einen gleichzeitigen Urſprung. Nur dürfen wir uns nicht täuſchen laſſen, wenn der eine von ihnen jünger erſcheint, weil häufig die Ernährung des einen Fötus auf Koſten des anderen geſchieht. Die Fälle der ſogenannten Superfötation aber, bei welchen z. B. eine reife Frucht zu einer beſtimmten Zeit, und einige Monate ſpäter ein zweites reifes Kind geboren wird, ſind hiervon weſentlich verſchieden. Die Sache erklärt ſich leicht, wenn ein zweikammeriger Uterus, wie er bei manchen Säugethieren im Normalzuſtande exiſtirt, pathologiſcher Weiſe vorhanden iſt. Die eine Abtheilung der Gebärmutter kann dann ſchon ſchwanger ſein, während die zweite die Befruchtung vermittelt. Dagegen iſt ſie bei der normalen Bildung des Uterus des Weibes ſehr ſchwer denkbar und wenigſtens von der Zeit an, wo das Ei die Gebärmutter ganz ausfüllt, kaum möglich.

Die übrigen Gebilde des Eies werden von ihm in die Gebärmutter 1674
mitgebracht oder wenigſtens nicht unmittelbar von dieſer erzeugt. Das Ovulum erhält, wie man von den Säugethieren weiß, ſein Eiweiß und ſein geſondertes Chorion im Eileiter oder mindeſtens vor ſeiner Fixation im Uterus. Hat ſich eine Keimhaut oder eine Keimblaſe um den Dotter gebildet und iſt aus dem centralen Theile der Erſteren der junge Embryo entſtanden, ſo verwandelt ſich die peripheriſche Parthie des Schleimblattes der Keimmembran in die Hülle und die übrige Dottermaſſe in den Inhalt des Nabelbläschens. Indem ſich dann das letztere von dem Embryo entfernt, zieht ſich ſein Stiel oder der Ductus omphalo-entericus s. vitello-intestinalis zwiſchen beiden aus. Der peripheriſche Theil des ſeröſen Blattes wird zum Amnion, welches das Amnios- oder Schafwaſſer ein-

ſchließt. Eben ſo entſteht die Allantois aus oder neben dem hinterſten Theile des Darmes des Embryo, um zu der Bauch= oder Nabelöffnung hervorzutreten, in dem ſpäteren Nabelſtrange zu verlaufen und den Eiweiß=raum zwiſchen Chorion und Amnion zu erreichen. Ihre Blutgefäße dringen dann bei den Säugethieren in die zottigen Theile des Chorion ein und bilden mit ihnen den Fruchtkuchen oder die Placenta foetalis, welche durch die beiden Nabelarterien und die Nabelvene mit dem Embryo in Verbindung ſteht. Dieſes Verhältniß kehrt auch bei dem Menſchen wieder. Allein die Allantois läßt ſich nur ſo lange beſtimmt und iſolirt nachweiſen, als keine geſonderte Fruchtkuchenformation exiſtirt. Sobald aber dieſe vorhanden iſt, vergrößert ſich auch das Amnion dergeſtalt, daß die Eiweißmaſſe zu einem dünnen, zwiſchen ihm und dem Chorion befindlichen Blatte reducirt wird. Dieſes Verhältniß dauert bis zur Geburt fort, und ſelbſt das Nabelbläschen exiſtirt dann noch wenigſtens in vielen Fällen.

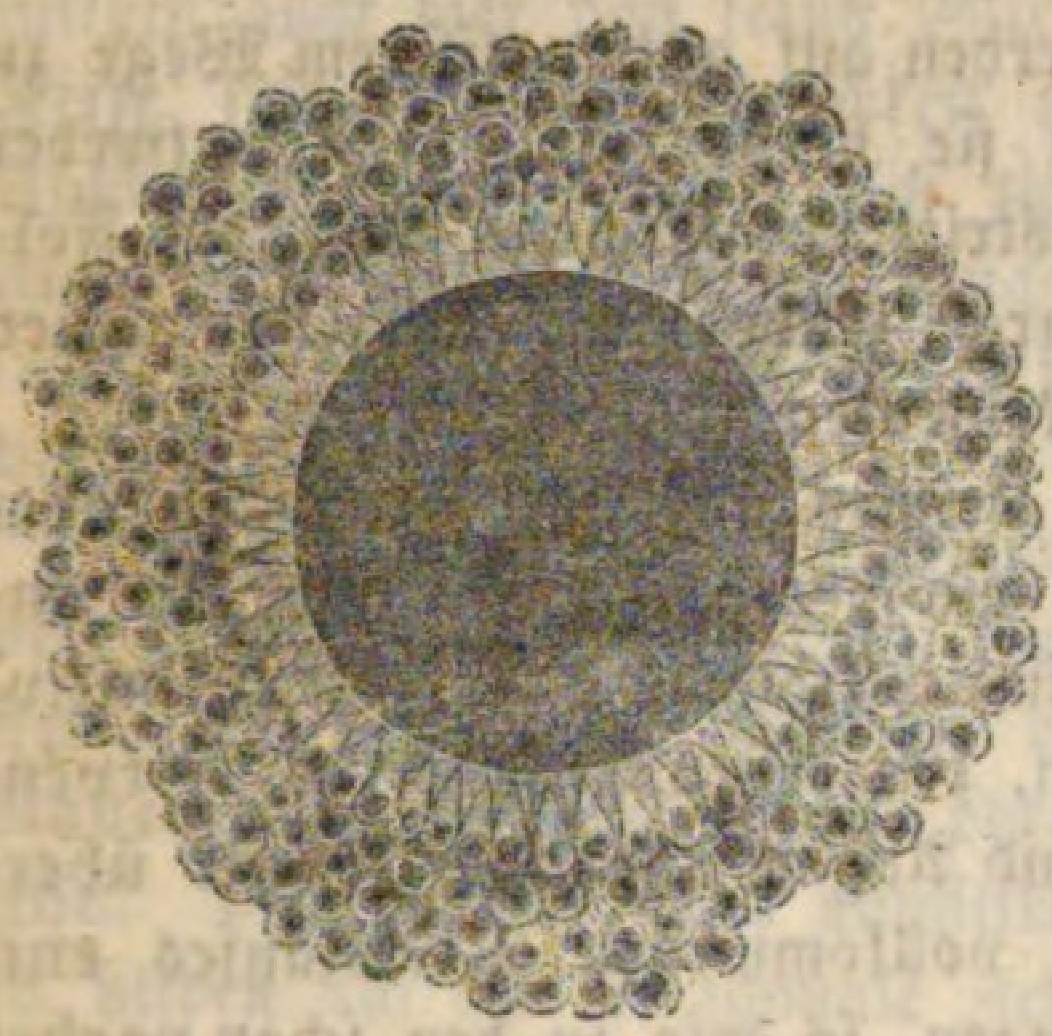
Fig. 231.

Suchen wir uns dieſe Verhältniſſe der ausgebildeteren menſchlichen Eier ſchematiſch zu verſinnlichen, ſo erhalten wir die in Fig. 231 gegebene Darſtellung. Sind a die Wandungen der Gebärmutter, b die Blaſe, c die Scheide, d der Maſtdarm und e die Bauchdecken, ſo haben wir in f die Decidua vera, in g die Decidua reflexa und in h die hypothetiſch angenommene Decidua serotina, welche ſich zwiſchen dem Mutterkuchen und dem Fruchtkuchen hinziehen ſoll. i bezeichnet den Fruchtkuchen, d. h. das Chorion villosum mit den Fortſetzungen der Gefäße der Allantois oder dem Endochorion, k das Chorion laeve, l das Amnion, m den zwiſchen ihm und dem Chorion befindlichen Ueberreſt des Eiweißes, n die Nabelblaſe (die jedoch nur ideell eingezeichnet worden, ſo daß deshalb an ſeiner Stelle das entſprechende Amnionſtück zu weit vom Fruchtkuchen abſteht), o den Stiel derſelben, p den Nabelſtrang, welcher ſeine äußere Hülle vom Amnion erhält und in ſeinem Innern aus den beiden Nabelarterien, der Nabelvene, den Lymphgefäßen und Nerven, ſo wie der Whartonſchen Sulze beſteht. q iſt endlich der Raum, welchen das Amnioswaſſer ausfüllt, und r der Embryo ſelbſt.

1675 Die bisherigen Erfahrungen konnten noch nicht entſcheiden, ob die erſten Entwickelungsmetamorphoſen des Eies der Säugethiere und des Menſchen von den Keimflecken ausgehen und ſich von ihnen aus Zellen bilden, welche den Charakter von Tochterzellen des Keimbläschens beſitzen würden. Iſt dieſes nebſt dem Discus geſchwunden und hat der Same gehörig eingewirkt, ſo zeigen ſich bald zweierlei Phänomene, welche, wie es ſcheint, in der Thierwelt allgemein vorkommen, nämlich

1) Die Elemente des Dotters verändern ſich ſo regelmäßig, daß die Oberflchäe deſſelben eine Reihe ziemlich regulärer, jedoch nicht mathematiſch genauer durch Furchen bedingter Theilungen darbietet. Er zerfällt zuerſt in 2, dann in 4, ſpäter in 8, 16, 32, 64 Stücke u. ſ. w., wird endlich maulbeerartig und zuletzt wieder glatt. Man nennt dieſe Erſchei-

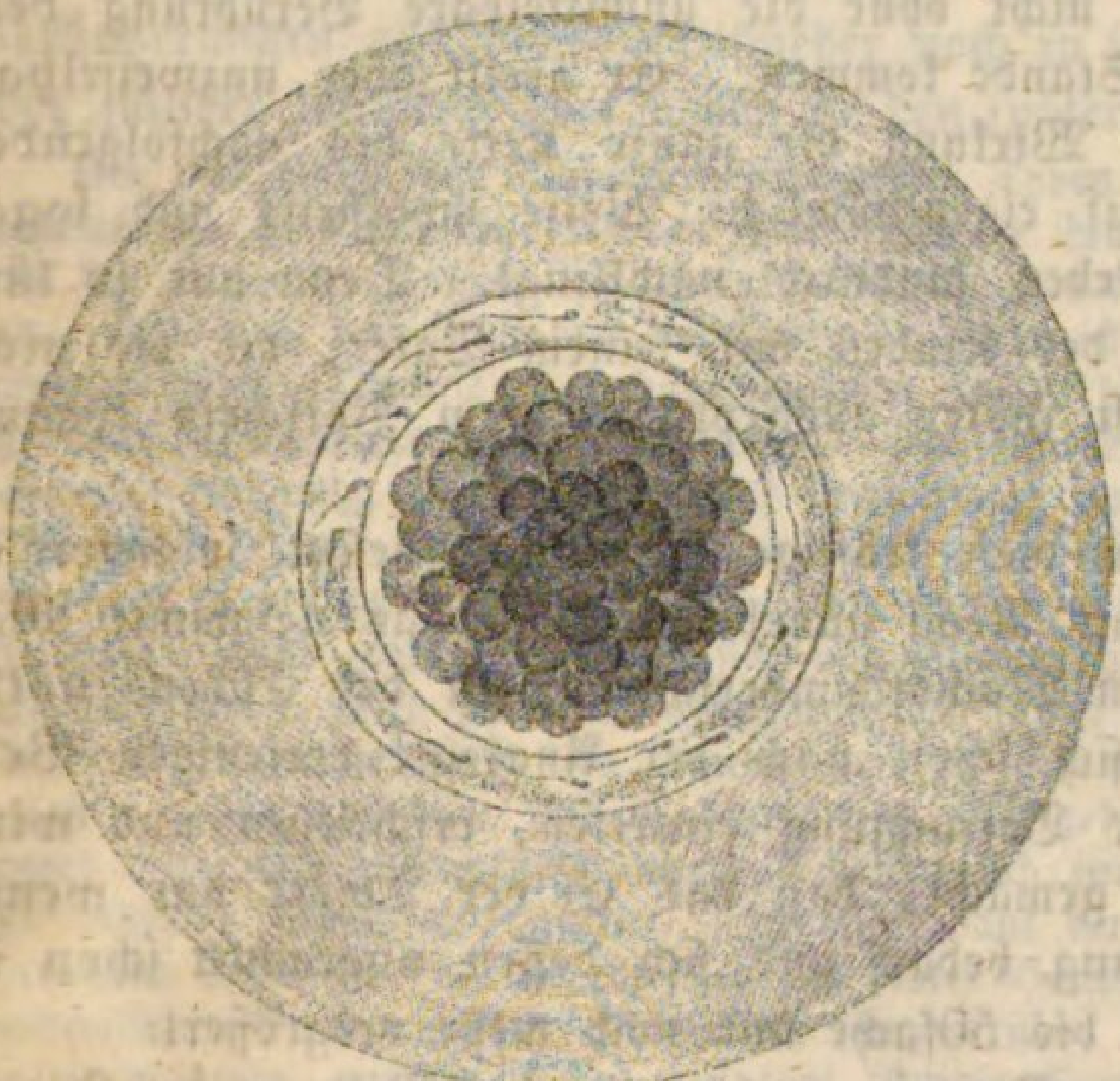
Fig. 232.



nung, welche auch bei Kaninchen und Hunden von Barry und Biſchoff beobachtet worden, die Durchfurchung oder Theilung des Dotters.

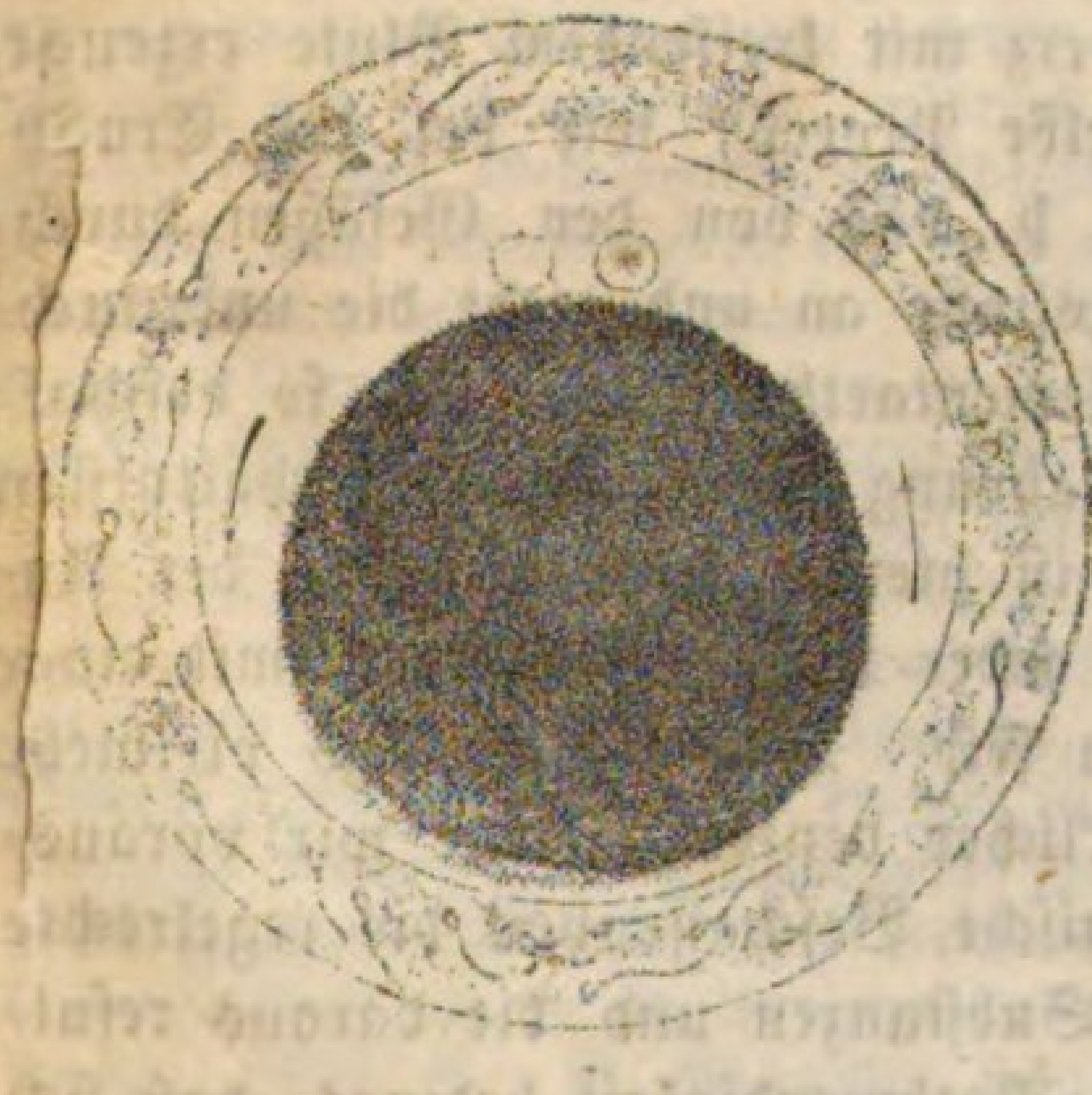
2) Die Dotter oder jungen Embryonen vieler wirbelloſen Thiere und der Fröſche haben in früher Zeit auf ihrer Oberfläche ein zartes Flimmerepithelium, mittelſt deſſen ſie ſich fortwährend herumdrehen. Man bezeichnet dieſes Phänomen mit dem Namen der Dotterrotation. Sie wurde in einem Falle von Biſchoff[1] an einem Eileitereie des Kaninchens ebenfalls wahrgenommen.

Fig. 233.



Um die Anſchauung dieſer Verhältniſſe zu verſinnlichen, dienen Fig. 232, 233 u. 234, welche nach Biſchoff's Zeichnungen des Kanincheneies entworfen ſind. Fig. 232 zeigt uns ein Ei 6 Stunden nach der Begattung und mit Veränderungen, welche auch ohne Begattung und bloß in Folge des durch die Brunſt bedingten Austrittes aus dem Ovarium zu Stande kommen können. Fig. 233 iſt ein Ei aus dem Ende des Eileiters. Die Eiweißſchicht deſſelben hat ſchon eine bedeutende Dicke erreicht. Der Dotter ſelbſt iſt durch ſeine Zerklüftung maulbeerförmig geworden. Einzelne Spermatozoen umgeben noch das Ovulum. Fig. 234 endlich iſt ein aus der Mitte der Tube entnommenes Ei, welches in ſeiner Dotterrotation begriffen iſt. Man ſieht die auf der Oberfläche des Vitellus befindlichen Härchen, welche die Drehung in der Richtung der Pfeile bewerkſtelligen. Die Zona, an welcher viele Spermatozoen ſichtbar ſind, erſcheint in der Form eines ziemlich breiten peripheriſchen Ringes.

Fig. 234.



Die ſelbſtſtändige Thätigkeit der 1676
Elementartheile (§. 13) tritt nirgends deutlicher als in den erſten Stadien der Embryonalentwickelung hervor.

---

[1] Th. L. W. Biſchoff Entwickelungsgeſchichte der Säugethiere und des Menſchen. Leipzig, 1842. 8. S. 52.

Schon die oben erwähnten Metamorphoſen des Eichens, welche ohne die Befruchtung deſſelben erſcheinen können, werden auf automatiſchem Wege zu Stande gebracht. Die Anregung, welche ſie hervorruft, kann entweder nur in dem durch die Brunſt und den Austritt des Eichens aus dem Follikel gegebenen Anſtoße oder in der durch Endosmoſe aufgenommenen Flüſſigkeit des Eileiters oder in beiden Momenten zugleich liegen.

1677 Daſſelbe gilt von der Bildung des Keimes und der Keimhaut oder der Keimblaſe, der Spaltung derſelben in ein oberes ſeröſes und ein unteres Schleimblatt, dem Auftreten des Primitivſtreifens oder der Primitivrinne, der Rückenwülſte und Rückenplatten, der erſten Anlage des Nerven- und Blutgefäßſyſtems, der Augenhöhlen und Augen und aller Theile überhaupt, welche vor der Einleitung eines vollkommenen Kreislaufes entſtehen. Der erſte Anſtoß zu dieſen Bildungen, ſo wie zu den ſchon vorher erſcheinenden vollſtändigen Durchfurchungen des Dotters muß von dem Samen ausgehen, weil ſie nicht ohne die unmittelbare Berührung deſſelben mit dem Eichen zu Stande kommen. Er greift aber unzweifelhaft ſo tief ein, daß ſeine erſte Wirkung die ganze Kette des nachfolgenden Wachsthumserſcheinungen auf eigenthümliche Weiſe modificirt und ſogar auf dieſe Art das ganze Leben hindurch nachklingt. Denn nur ſo läßt ſich die häufige Aehnlichkeit des Kindes mit ſeinem Vater, die oft nicht bei der Geburt, ſondern erſt ſpäter ausgeprägter zum Vorſchein kommt, erklären.

1678 Obwohl aber der Same dieſe kräftige Einwirkung beſitzt, ſo liefert er doch keineswegs, wie ſich mit Recht annehmen läßt, das geſammte Material, welches zu den erſten Wachsthumserſcheinungen des Eichens nothwendig iſt. Dieſes läßt ſich ſchon nach der Analogie derjenigen Veränderungen, welche vor der Befruchtung eintreten, erſchließen und wird auch dadurch wahrſcheinlich gemacht, daß das Ei der Thiere nur wenig Sperma zu ſeiner Befruchtung bedarf und ſich deſſen ungeachtet ſchon in der erſten Zeit um das 40- bis 50fache und noch mehr vergrößert.

1679 Die erſte Andeutung der Organe, welche vor der Bildung des Kreislaufes auftritt, kann nur gleich der Dottertheilung die ſecundäre Folge der ſich wechſelſeitig bedingenden Wachsthumsveränderungen der Elementargebilde darſtellen. Hat ſich aber ein Herz mit kreiſendem Blute erzeugt, ſo wiederholt ſich im Weſentlichen derſelbe Proceß, wie bei den Ernährungserſcheinungen des Erwachſenen, d. h. das von den Gefäßen durchzogene Parenchym eignet ſich Ernährungsſtoffe an und giebt die unbrauchbaren Subſtanzen ab. Die einzelnen Elementartheile aber ſind ſo beſchaffen, daß ſie ſich die ihnen dargebotene Nahrung ihren Specialverhältniſſen gemäß aneignen und verarbeiten. Man iſt hierbei keineswegs zu der Annahme genöthigt, daß zu dieſem Zwecke jeder letzte Gewebtheil mit einer geiſtigen oder monadiſchen Kraft verſehen ſei. Wir können uns vielmehr den ganzen Hergang einfacher und natürlicher denken, wenn wir vorausſetzen, daß ihre morphologiſche und chemiſche Beſchaffenheit die regelrechte Aufnahme der von außen dargebotenen Subſtanzen und die daraus reſultirenden Veränderungen der Gewebe als Nothwendigkeit bedingt, daß ſich

mithin auch hier von ſelbſt Glied an Glied anreiht, weil der Anfang der Kette ſeiner Eigenthümlichkeit wegen dieſes Fortlaufen unter geeigneten Außenverhältniſſen nach ſich zieht (§. 132). Dieſe Anſchauungsweiſe giebt uns zugleich einen Fingerzeig, weshalb nicht die erſte Entwickelung mit der Herſtellung des Kreislaufes, ſondern mit der Metamorphoſe der Gewebtheile beginnt.

Die Natur ſchreitet übrigens hier, wie überall, ſo ſehr es angeht, 1680 von dem Allgemeineren zum Beſonderen fort. Die Grundlage der meiſten, wo nicht aller Gewebe bildet eine gleichartige Maſſe, das Cytoblaſtem, in welchem Kerne oder Nuclei an iſolirten Stellen eingelagert ſind. Gehen dieſe nicht unmittelbar ſelbſt in Zellen oder Faſergewebe über, ſo bilden ſich um ſie ſchmale Zellenſäume, deren Inhalt ſich nach und nach dergeſtalt vergrößert, daß endlich vollſtändige Zellen mit Kernen auftreten. Sie ſelbſt erleiden nach Verſchiedenheit der Gewebe die mannichfachſten Veränderungen und bleiben entweder noch in ihren primitiven Formen mehr oder minder kenntlich oder gehen in den ſpäteren Bildungen gänzlich unter

Um nur einige mit Sicherheit beobachtete Typen dieſer Verhältniſſe beiſpielsweiſe anzuführen, ſo haben wir 1) den Fall, daß die Wandungen der Zelle dichter werden und ſich in ihrem Innern ein charakteriſtiſcher Inhalt ablagert. Er füllt zuletzt die ganze Zelle aus, und ſelbſt von dem früheren Kerne iſt keine Spur mehr ſpäter wahrzunehmen. Fett. Oder 2) der charakteriſtiſche Inhalt läßt den Kern, der nur durchſichtiger und gleichartiger wird, fortbeſtehen. Die Zelle ſelbſt bleibt rundlich oder wird polyedriſch, kelchartig, bandförmig, erhält ſternförmige Fortſätze u. dgl. Pigment. 3) Sie ſelbſt bleibt ſeltener rund, ſondern wird häufig polyedriſch oder cylindriſch. Ihre Wände verhornen in geringem Grade. Ihr Kern wird oft milchglasartig durchſichtig. Ihre Oberfläche bleibt glatt oder belegt ſich mit Flimmerhaaren. Epithelien. 4) Die Zelle verhornt ſtärker, wird platt und blättchenartig. Oberhaut, Nägel und Haare. 5) Es kommt auf ähnliche Weiſe ein Plattwerden zu Stande. Die durchſichtig bleibenden Zellen, welche auf dieſe Art in bandartige Faſergebilde übergehen und deren Kerne immer heller und unkenntlicher werden, heften ſich inniger an einander, ſo daß zuletzt eine einfache Membran reſultirt. Innerſte Haut der Gefäße unterhalb des Pflaſterepithelium derſelben. 6) Es erzeugen ſich platte Bänder, welche in beſtimmten ziemlich regelmäßigen Entfernungen rundliche bis länglichrunde Kerne führen, ſich häufig in den Zwiſchenräumen zwiſchen dieſen auf ihre ſchmale Kante umlegen und daher leicht das täuſchende Anſehen von varicöſen Faſern annehmen. Während die Kerne immer mehr ſchwinden, zerfaſert ſich das Band in eine Menge von Längsfäden. Fadencylindergewebe, z. B. Zellgewebe, Sehnen u. dgl. 7) Es entſtehen hohle Röhren, welche zuerſt in ziemlich regelmäßigen Entfernungen geſtellte Kerne in ihrem Innern darbieten. Dieſe werden nach und nach aufgezehrt, während die übrigen Theile der Röhre in die ſpäteren charakteriſtiſchen Gewebeelemente übergehen. Quergeſtreifte Muskelfaſern und wahrſcheinlich auch Primitivfaſern der Nerven und Linſenfaſern. 8) Die urſprüngliche Zelle umlagert ſich mit immer neuen Zellen, die einen charakteriſtiſchen Inhalt führt. Nervenkörper. Oder 9) es entſtehen in ihr Tochterzellen, welche wiederum ähnliche Bildungen in ſich ſelbſt zu erzeugen im Stande ſind. Knorpelgewebe.

Die Kerne ſelbſt können ſpäter durch blaſige Ausdehnung in Zellen oder nach Henle durch lineare Verſchmelzung in Faſern, ſogenannte Kernfaſern, übergehen. Endlich führen auch nach C. Vogt einzelne Zellen des Knorpelgewebes keine Kerne, oder beide, Kern und Zelle, zeigen ſich gleichzeitig, ſo daß man nach dieſem Forſcher nicht zu entſcheiden vermöge, welches das frühere ſei.

Das Nähere dieſer Verhältniſſe, deren Details in die beſchreibenden Theile der Anatomie gehören, ſiehe in: Th. Schwann mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthume der Pflanzen und der Thiere. Berlin, 1839. 8. R. Wagner Lehrbuch der ſpeciellen Phyſiologie. Erſte Auflage. Leipzig, 1839. 8. S. 132 fgg., ſo wie in den allgemeinen Anatomien von Gerber,

Bruns, Henle u. A., den Phyſiologien von Joh. Müller und R. Wagner, den allgemein anatomiſchen und embryologiſchen Monographien von Rathke, Barry, Biſchoff, C. Vogt, Reichert, Koelliker, Bergmann, Pappenheim, Remak, Hannover, Prevoſt, Lebert, Klencke u. A. Die vorzüglichſten Gegner dieſer ſogenannten Zellentheorie ſind Baumgärtner, Arnold und C. E. v. Baer.

1681 Die einzelnen Organe des Embryo werden zwar auf ſehr verſchiedene Weiſe aufgebaut, weil natürlich ihre Verhältniſſe und das Nahrungsmaterial, das ihnen zu Gebote ſteht, ſehr ungleich ausfallen. Nichts deſto weniger aber blicken auch hier allgemeinere Geſetze durch, die entweder überall oder wenigſtens bei der Herſtellung eines Theiles der Apparate des Körpers wiederkehren.

1) Wie ein Maler mit der Anlage der Contouren ſeines Bildes beginnt und erſt ſpäter zur Detailausführung ſchreitet, ſo werden auch die meiſten Organe des Embryo im Anfange roh entworfen, um in der Folge immer mehr Einzelnheiten zu erhalten. Wir haben z. B. auf dieſe Weiſe zuerſt ſtatt der feinen und mannichfachen Capillaren unmittelbare einfache Uebergänge zwiſchen Arterien und Venen. Die Nieren bilden bei ihrem Urſprunge eine einfachere Blaſtemmaſſe, das Herz einen bloßen Schlauch, das Gehirn eine Reihe von Bläschen u. dgl. mehr. Als eine unmittelbare Folge hiervon zeigt ſich dann das Verhältniß, daß ein urſprünglich einfacher Theil, wie z. B. das Darmrohr, ein Hirnbläschen die Grundlage einer ganzen Reihe ſpäterer Organe darſtellt. Eben ſo erklärt ſich z. B. aus dieſer erſten rohen Anlegung der Apparate, weshalb ſie meiſtentheils im Anfange im Verhältniß zum Embryo größer als ſpäter ſind und ihr relativer Umfang ſich verringert, ſo wie ihr abſolutes Volumen und ihre innere Bildung zunimmt.

2) Das Blaſtem, welches zuerſt abgelagert wird, geht ſpäter gänzlich in ſpecielle Gewebtheile anderer Art auf, weil dieſe der Function des Organes mehr nützen. Nur ſelten erhält es ſich z. B. in erhärtetem Zuſtande, wie bei den Knorpeln, weil es hier mit Erfolg gebraucht werden kann.

3) Der Aufbau der Theile erfolgt nach beſtimmten Symmetriegeſetzen, welche ſogar ſpäter wiederum in den Hintergrund treten können. Belege hierfür haben wir an dem Gehirn, den Wirbeln, dem Nerven- und Gefäßſyſteme des Menſchen.

4) Die einzelnen Organe werden nicht urſprünglich in ihren bleibenden Geſtalten und Beziehungen angelegt, ſondern durchlaufen eine Reihe beſtimmter Formverſchiedenheiten, bevor ſie ihren definitiven Zuſtand erreichen. Sie werden gleichſam, bis ſie endlich dem Ganzen entſprechen, immer verbeſſert und beſtändig ummodellirt. Sie erhalten auf dieſem Wege häufig, wie wir z. B. an dem Gehirn und dem Herzen am deutlichſten ſehen, Geſtalten und Verbindungen, wie ſie bei niederen Wirbelthieren bleibend vorkommen. Es heißt aber dieſe Thatſachen mißbrauchen, wenn man behauptet, daß der Menſch als Embryo die Stufen der niederen Thierwelt durchlaufe. Sie beweiſen nur, daß ſich die Natur überall der möglichſt einfachen Mittel bedient und nicht zwei Vervollkommnungs-

plane in der Thierwelt und dem Gange der individuellen Ausbildung aufgeſtellt hat.

5) Die Entwickelung der einzelnen Apparate kommt in der Regel durch die Ablagerung von Blaſtem und die fernere innere Ausbildung desſelben zu Stande. Nebenmittel derſelben ſind Einfaltungen, Abſchnürungen, Ausbuchtungen u. dgl.

6) Die ſchon oben erwähnte ſelbſtſtändige Entwickelung der Gewebe erklärt uns leicht das im Embryo ſo oft zu beobachtende Geſetz der iſolirten Entſtehung, nach welchem ſich die einzelnen Gewebtheile an geſonderten Stellen des Cytoblaſtems ablagern und die vollkommene Füllung deſſelben und mit ihr die Herſtellung des geſammten Organes durch immer neue Gewebeerzeugung neben den ſchon vorhandenen zu Stande kommt. Belege hierfür haben wir an den Muskeln, den Drüſen u. dgl. Eben ſo erläutern uns die Ernährungsvorgänge im Erwachſenen, weshalb ein ſchon gebildetes Gewebe, wie wir bei dem Verknöcherungsproceſſe der Knorpel am deutlichſten beobachten, neue Veränderungen ſeiner Nachbartheile nach ſich zieht und ſo das Ganze zu einer beſtimmten eigenthümlichen Metamorphoſe zwingt.

Die Detailerſcheinungen, aus welchen dieſe Normen hergeleitet werden können, gehören in die Entwickelungsgeſchichte und finden ſich z. B., ſoweit ſie den Menſchen und die Säugethiere betreffen, in: C. F. Burdach die Phyſiologie als Erfahrungswiſſenſchaft. Zweite Auflage. Bd. II. Leipzig, 1836. 8. C. E. v. Baer über Entwickelungsgeschichte der Thiere, Beobachtung und Reflexion. Königsberg. Bd. I 1828. Bd. II. 1837. 4. Mein Handbuch der Entwickelungsgeschichte des Menschen mit vergleichender Rücksicht der Entwickelung der Säugethiere und Vögel. Berlin, 1835. 8. und Th. W. L. Biſchoff Entwickelungsgeſchichte der Säugethiere und des Menſchen. Leipzig, 1842. 8.

Die Entwickelung der Organe bildet die Grundlage, nach welcher die angeborenen Mißbildungen und zum Theil die ſelbſtſtändigen Krankheiten des Fötus auf wiſſenſchaftliche Weiſe durchſchaut und erklärt werden können. Die meiſten Abnormitäten, welche der Menſch mit auf die Welt bringt, beruhen darauf, daß ein fötaler Uebergangszuſtand zurückgeblieben iſt und ſich das auf dieſe Weiſe abweichend gebildete Organ entweder einfach vergrößert oder in einer eigenthümlichen Weiſe ferner entwickelt hat. Man nennt den Zuſtand in dem erſteren Falle eine Bildungshemmung, in dem letzteren dagegen eine Hemmungsbildung. Hierher gehören z. B. die Haſenſcharte, der Wolfsrachen, die Verkürzungen der Extremitäten, der Nabelbruch, die Bauchſpalte, der Prolapsus vesicae urinariae inversae, die verſchiedenen Abnormitäten des Herzens und der großen Gefäße, welche die Vermiſchung arteriellen und venöſen Blutes bei dem Körperkreislauf und in Folge deſſen die Blauſucht bedingen, der Mangel eines geſonderten Magens oder eines großen Netzes, die ſenkrechte Stellung des erſteren, der Defect des Uterus, das Zurückbleiben der Hoden in der Bauchhöhle, die Hypoſpadie u. dgl. mehr. Andere Krankheiten, wie z. B. die Waſſerſucht des Gehirns mit ihren ausgedehnteſten Folgen, der Hemicephalie, werden zwar nicht durch frühe Entwickelungszuſtände unmittelbar erzeugt, dennoch aber in ihrem Zuſtandekommen weſentlich begünſtigt. Manche bei Mißgeburten auftretende Abweichungen zeigen ſogar Verhältniſſe, die zwar bis jetzt noch nicht im Embryo des Menſchen und der Säugethiere nachgewieſen worden ſind, dagegen mit bleibenden Formationen niederer Thiere übereinſtimmen. Ich erinnere z. B. nur an die Kropfbildung der Speiſeröhre, welche ſo häufig bei Mangel des Unterkiefers vorkommt. Es wäre überhaupt an der Zeit, daß man ſich nicht mehr darauf beſchränkte, einzelne beobachtete Monſtra zu beſchreiben, ſondern eine auf Entwickelungsgeſchichte und Phyſiologie baſirte Ueberſicht derſelben lieferte. Hierbei würde ſich zeigen, daß viele ſolche Zuſtände auf einfachen Bildungshemmungen und Krankheiten der Art beruhen, andere dagegen zugleich daraus hervorgehen, daß eine ſchon vorhandene Abnor-

mität eine pathologiſche fernere Entwickelungsrichtung veranlaßt. Wir finden z. B. keine Verſchmelzung beider Beine, wie ſie bei den Sirenenmißgeburten hergeſtellt iſt, im Embryo, ſo daß hier die Mißbildung des unterſten Theiles des Rumpfes die der Füße nach ſich ziehen muß.

Was die Doppelmißgeburten betrifft, ſo iſt ihre Entſtehungsweiſe noch ſehr dunkel. Man weiß nur ſo viel, daß eine künſtliche mechaniſche Trennung des hinteren Theiles des Keimes des Hühnchens unmittelbar nach dem Erſcheinen deſſelben in ſehr ſeltenen glücklichen Fällen eine Doppelbildung in dieſen Hintertheilen erzeugen kann. Ueber ihre Entſtehung, ihre anatomiſchen Verhältniſſe und ihre Lebensäußerungen ſiehe vorzüglich J. L. C. Barkow Monstra animalium duplicia per anatomen indagata. Tomus II. Lipsiae, 1836. 4. p. 168 fgg.

Eine Beſchreibung der Mißbildungen mit Berückſichtigung der Entwickelungsgeſchichte giebt W. Vrolik Handboek der ziektekundige ontleedkunde. Deel I. II. Aangeborene Gebreken Amsterdam, 1842. 8. Vergl. auch Biſchoff in R. Wagner's Handwörterbuch der Phyſiologie. Bd. I. Braunſchweig, 1843. 8. S. 880 fgg. Eine ausführliche Zuſammenſtellung der angebornen Mißbildungen des Herzens und der großen Gefäße nebſt den dazu gehörenden Entwickelungsdaten findet ſich in: H. Friedberg Die Krankheiten des Herzens und der grossen Gefässe des Menschen nebst Untersuchungen über den Blutumlauf der menschlichen Frucht. Leipzig, 1844. 8. Eine ausführliche Darſtellung der erworbenen Leiden des Embryo liefert J. Graetzer Die Krankheiten des Fötus. Breslau, 1837. 8.

1682 Hat ſich auch die erſte Circulation, der ſogenannte Dotterkreislauf ausgebildet, ſo ſtehen doch noch nicht die Blutgefäße, welche dem peripheriſchen Theile der Keimhaut angehören, in mittelbarer Verbindung mit den Capillaren der Gebärmutter. Das Blut der Frucht wird dann durch die beiden A. A. omphalomesaraicae und bald darauf durch einige andere hintere kleinere Zweigchen dem Dotterhofe zugeführt und kehrt aus den Capillaren deſſelben durch die Vena terminalis und die vorderen und hinteren rücklaufenden Gefäße zu dem Embryo zurück. Wir können uns nach den gegenwärtigen Kenntniſſen nur vorſtellen, daß hierdurch Subſtanzen des Inhaltes der Nabelblaſe der Frucht zugeführt werden. Iſt auch ſelbſt der Ductus entericus noch offen, ſo würde ein unmittelbarer Eintritt der genannten Nahrung in das Darmrohr weniger genützt haben, weil noch keine bedeutende Blutgefäßmaſſe an ihm ausgebildet iſt. Dieſes erklärt aber dann die Nothwendigkeit des Dotterkreislaufes. Er ſowohl als die kleine Nabelblaſe können jedoch bald verabſchiedet werden, weil das Ei im Uterus reichlicheres Ernährungsmaterial vorfindet.

1683 Iſt der Fruchtkuchen entſtanden, ſo empfängt der Embryo ſein Blut durch die beiden Nabelarterien, welche im Anfange die Hauptfortſetzungen der Aorta bilden und während des ganzen Uterinallebens eine ſehr bedeutende Stärke beibehalten. Hat es in den Capillaren der Placenta foetalis gekreiſt, ſo kehrt es durch die Nabelvene zur Frucht zurück. Nun ſtehen die Zotten des Fruchtkuchens mit den Zwiſchenräumen des blutgefäßreichen Mutterkuchens in ſo inniger Verbindung, daß beide nicht ohne Verletzung bei dem Menſchen von einander getrennt werden können. Nichts deſto weniger aber gehen nicht die Blutgefäße der Mutter in die der Frucht über. Es kommt nur das Fötalblut mit dem Mutterblute in die innigſte mittelbare Berührung, ſo daß ſich ein endosmotiſcher Proceß zwiſchen beiden mit Leichtigkeit einſtellen und die Frucht die Hauptmaſſe, wo nicht die Geſammtheit ſeines Ernährungsmaterials auf dieſe Weiſe erhalten kann.

Die Verſchiedenheiten der Druckverhältniſſe, unter welchen beiderlei Blutadern ſtrömen, und andere Einrichtungen bedingen es wahrſcheinlicher Weiſe, daß der Fötus den möglichſten Vortheil aus dieſen Verhältniſſen zieht. Für den Stoffübergang ſpricht z. B. die Erfahrung, daß das Blut und die inneren Organe von Kaninchenembryonen Eiſencyankalium enthielten, wenn man dieſes der Mutter in die Luftröhre eingeſpritzt hatte (Mayer).

Obgleich nun aber dieſer Placentarkreislauf den größten Theil des 1684
Fruchtlebens hindurch und zwar ungefähr von dem Anfange oder der Hälfte des dritten Monates bis zu der Geburt verharrt, ſo ändern ſich doch ſeine Details fortwährend, weil das Herz und die an ihm befindlichen großen Gefäße anhaltende Metamorphoſen erleiden. Wir haben zu einer gewiſſen Periode deſſelben eine ſolche Einrichtung der Circulationswerkzeuge, daß eine Kreislaufsbahn des Blutes durch den Kopf, den Hals und die oberen Extremitäten und eine zweite durch den Rumpf, die unteren Extremitäten und die Placenta mehr oder minder umſchrieben wird (Sabatier). Die Blutgefäße der Lungen, welche zuerſt in hohem Grade zurücktreten, bilden ſich ſpäter immer ſelbſtſtändiger hervor, nehmen immer mehr die rechte Kammer und die linke Vorkammer in Anſpruch, während ſich die Blutgefäßſtämme der oberen mit denen der unteren Körperhälfte inniger vereinigen und beide zuſammen die rechte Vorkammer und linke Kammer zu erreichen ſuchen. Mit einem Worte, es entſtehen alle Vorbereitungen, damit die aus der Gebärmutter ausgeſchloſſene Frucht durch die Lungen athmen und die nöthige ſtrenge Scheidung von Lungen- und Körperkreislauf vornehmen könne.

Unterliegt es nun aber keinem Zweifel, daß die Placenta den Fötus 1685
ernähre, ſo fehlen uns bis jetzt noch alle näheren Kenntniſſe des Athmungsproceſſes des Embryo des Menſchen und der Säugethiere. Die Allantois nebſt ihrem Gefäßüberzuge, dem Endochorem oder dem Analogon des Fruchtkuchens legt ſich bei dem Vogel an die Eiſchaalenhaut an. Es geht, wie directe Verſuche lehren, Kohlenſäure und Waſſer ab, und das Ei verliert ſogar hierdurch an Gewicht. Es kann mithin nicht in dieſem Falle eine, wenn auch ſchwache Athmungsausſcheidung in Abrede geſtellt werden. Die geringe Intenſität des Reſpirationsproceſſes erklärt es aber, weshalb ſich Arterien- und Venenblut der Früchte ſo wenig oder oft gar nicht in ihrer Färbung von einander unterſcheiden. Das Zuſammentreffen beider Verhältniſſe kehrt ja auch z. B. bei den Fröſchen wieder.

Während noch ein Theil der Abſonderungswerkzeuge im Embryo ruht, 1686
iſt ein anderer ſchon von früher Zeit an in lebhafter Thätigkeit begriffen. Die Lungen, die Hoden und wahrſcheinlich auch die Thränendrüſen, die Speicheldrüſen, die Proſtata, die Cowper'ſchen Drüſen functioniren nicht oder liefern wenigſtens keine ſo reichlichen eigenthümlichen Secrete als ſpäterhin. Dagegen entwickelt ſich die Leber des menſchlichen Embryo in ſehr bedeutendem Maaße und ſondert viel Galle, die in den Darm gelangt, ab. Ihre gefärbten Ueberreſte vermiſchen ſich mit losgeſtoßenen Epithelialgebilden und dem Schleime des letzteren, gehen (wenigſtens bei Säugethieren) als Koth, als Kindspech oder Meconium durch den After ab, ge-

langen in das Amnioswaſſer und werden oft mit dieſen vom Fötus von Neuem verſchluckt. Eben ſo ſecerniren die Wolf'ſchen Körper, die Vorläufer der Nieren und unzweifelhaft auch die ſpäteren bleibenden Nieren. Endlich liefert die Haut die Käſeſchmiere (Vernix caseosa), welche den Embryo vor den Einwirkungen des Amnioswaſſers ſchützt. Da ſie faſt gänzlich aus Epidermidalblättchen und Fetttröpfchen beſteht, ſo können wir mit Recht annehmen, daß ſie das gemeinſchaftliche Produkt der Oberhaut und der Hautdrüſen bildet. Es werden mithin im Fötus Galle, Harn und Hautprodukte geliefert, d. h. die drei vorzüglichſten Excretionsfactoren, welche neben der Athmung auftreten und mit ihr und der Nahrung den Stoffwandel vorzugsweiſe bedingen, treten ſchon hier von früher Zeit an auf.

Da das menſchliche Ei, ſobald der Fruchtkuchen entſtanden, keine Allantoisflüſſigkeit beſitzt, mithin nicht der etwa in die Blaſe übergeführte Urin durch den Urachus entleert werden kann, ſo wäre es von Intereſſe, zu erforſchen, ob nicht hier das Amnioswaſſer Harnſtoff, Harnſäure oder Allantoin enthielte. Kämen dieſe Stoffe im Schafwaſſer des Menſchen, nicht aber in dem der Säugethiere, welche noch eine geſonderte Allontoisflüſſigkeit haben, vor, ſo gäbe dieſes einen Fingerzeig, daß der Urin des menſchlichen Embryo durch den Canalis uro-genitalis und ſpäter die Harnröhre ablaufe und ſo in die Höhlung des Amnion gelange.

1687 Die Anweſenheit der Amniosflüſſigkeit im Vogeleie deutet darauf hin, daß ſie auch bei den Säugethieren und dem Menſchen nicht von der Gebärmutter, ſondern von der Frucht ausgeſchieden werde. Jedoch iſt es noch unbekannt, auf welche Weiſe und durch welchen Proceß ſie gebildet wird. Als das Natürlichſte erſcheint die Annahme, daß das Blut des Fötus, indem es ſehr viele Feſtgebilde in die neuen Organe abſetzt, eine Quantität eines ſchwach eiweiß- und ſalzhaltigen Waſſers, welches als Amnioswaſſer auftritt, frei werden läßt. Es enthält übrigens nach C. Vogt [1]) im ſechſten Monate 99,029 %, zu 14 Wochen dagegen nur 97,945 % Waſſer und ſcheint daher mit der Zeit an feſten Subſtanzen ärmer zu werden. Wird es aber auch hin und wieder von dem Embryo verſchluckt, ſo kann es doch kaum bei ſeiner Verdünnung ein erhebliches Nahrungsmittel für den Fötus abgeben.

1688 Die Thätigkeiten der Thymus und der Nebennieren, die beide im Fötus verhältnißmäßig ſtark entwickelt erſcheinen, ſind eben ſo unbekannt als die der Schilddrüſe und der Milz im Erwachſenen. Haugſted ſuchte die Thymus als ein Aſſimilationsorgan der Milch zu betrachten, weil ſie nicht bei dem Fötus, ſondern erſt bei dem Säuglinge ihre Maximalgröße erreicht. Ueber dieſe und die anderen in dieſer Beziehung aufgeſtellten Hypotheſen, von denen aber keine ſicher begründet werden konnte, ſiehe meine Entwickelungsgeschichte S. 510. Biſchoff Entwickelungsgeſchichte S. 526.

1689 Schon die Kindsbewegungen lehren, daß der Fötus von dem fünften Monate an die rothen Muskeln ſeines Körpers in ausgedehnteſtem Maaße zuſammenzuziehen im Stande iſt. Das Herz beginnt ſogar ſeine Schläge, wenn es ſelbſt noch die Schlauchform beſitzt, mithin kurz nach der Indi-

---

[1]) Müller's Archiv, 1837. S. 69.

vidualiſation des Embryo. Seine erſten Contractionen ſind, wenigſtens bei dem Hühnchen, wurmförmig und erinnern in dieſer Hinſicht an die Pulſationen mancher Inſectenherzen. Sie erſcheinen bei Fiſchen, ehe noch ein peripheriſcher Kreislauf ſichtbar wird, und treten ſchon bei Vögeln mit bedeutender Lebhaftigkeit hervor, wenn an ihnen ſelbſt noch lange keine quergeſtreifte Muskelfaſern oder überhaupt vollſtändig iſolirte Faſern mit Sicherheit nachgewieſen werden können. Die Zeit, wann die Thätigkeit der Sinne und der höheren Geiſtesvermögen der Frucht anfängt, iſt noch unbekannt. Die Lebensfähigkeit des Fötus außerhalb der Gebärmutter, welche mit dem ſiebenten Monate zu beginnen ſcheint, hängt nicht ſowohl von ihnen, als vorzugsweiſe davon ab, ob die Lungen ſchon ſo weit entwickelt ſind, daß ſie eine ſelbſtſtändige und genügende Luftathmung unterhalten können.

Geburt und Wochenbett. — Das Kind liegt meiſtentheils ſchon 1690
vor den erſten Schwangerſchaftsmonaten mit ſeinem Kopfe nach unten. Dieſes Verhältniß kann wenigſtens bei dem Menſchen mit der aſymmetriſchen Einfügung des Nabelſtranges, mittelſt welcher die obere Hälfte der Frucht ein größeres Gewicht erhält, in Beziehung gebracht werden. Wir treffen dann die Frucht zur Zeit der regelrechten Geburt ſo gelagert, daß ihr Hinterhaupt dem Gebärmuttermunde zunächſt erſcheint und das Geſicht nach hinten, der Rücken dagegen nach vorn gekehrt iſt. Hände und Füße beugen ſich, ſo wie es der Raum geſtattet. Dieſe Kopflagen, bei welchen die Mechanik der Geburt am leichteſten von Statten geht, ſind ſo häufig, daß ſie z. B. unter 1000 von Deſormeaux beobachteten Fällen 962 Mal vorkamen. Die kleine Fontanelle iſt dann in der Regel nach links und die Pfeilnaht nach dem Querdurchmeſſer des Beckens gerichtet, ſo daß das rechte Scheitelbein am meiſten vorliegt. Nur ungefähr $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{5}$ der Kopflagen bedingt den umgekehrten Fall, daß die rechte Fontanelle nach links gerichtet iſt und ſich zunächſt das linke Scheitelbein darbietet.

Während aber die erwähnten Scheitellagen die wahre Norm darſtellen, können auch noch Geſichtslagen vorkommen, ohne daß hierdurch eine weſentliche Beſchwerde bei der Geburt hervorgerufen wird. Vorzugsweiſe gilt dieſes von den ſogenannten ſecundären, d. h. denjenigen Fällen, in welchen im Anfange ein Theil des Scheitels vorlag, das Geſicht des Kindes dagegen ſpäter zuerſt aus den Geſchlechtstheilen austritt. Jedoch kommen auch oft Geſichtsgeburten leicht zu Stande, ſobald nur nicht die Wäſſer zu früh ablaufen und ſich die Gebärmutter in tetaniſchem Krampfe um den Embryo herumlegt.

Etwas Aehnliches gilt von den Steißgeburten. Die Nates werden dann, wenn man das Ganze der Natur überläßt, mit den nach oben geſchlagenen Füßen zuerſt durchgepreßt. Dieſe Geburtsweiſe hat aber leicht den Nachtheil, daß die Nabelſchnur nicht ſelten einen ſo bedeutenden Druck erfährt, daß der Kreislauf des Fötus ſtockt. Oft fehlt zuletzt auch die Kraft, den ſtärkſten Theil, nämlich den Kopf hindurchzutreiben, ſo daß dann hier die Kunſthilfe einſchreiten muß.

Endlich unterſcheidet man noch vollkommene oder unvollkommene Fußlagen, je nachdem ſich einer oder beide Füße vor dem Gebärmuttermunde

befinden oder durch denſelben hervorzutreten ſuchen. In dem erſteren Falle zeigt ſich nicht ſelten die Eigenthümlichkeit, daß ſich die Stellung während der Fortdauer des Geburtsgeſchäftes verändert und ſich z. B. das Ganze bald zu einer Steißgeburt umgeſtaltet. Die alten Aerzte bezeichneten ſolche Fußlagen mit dem Namen des Partus agrippinus sive agripparum.

Die Urſachen dieſer abweichenden Verhältniſſe ſind noch nicht genau ermittelt und variiren unzweifelhaft nach Verſchiedenheit der Verhältniſſe.

Was die Häufigkeit der verſchiedenen Lagen betrifft, ſo gruppiren ſie ſich nach den von Deſormeaux [1]) geſammelten 1000 Fällen in procentigen Werthen folgendermaßen:

Vorliegender Theil und Verhältniß zum Becken.	Procente.	Vorliegender Theil und Verhältniß zum Becken.	Procente.
Der Fötus von oben nach unten gerichtet.	99,60	Quere Lage des Hinterhauptes.	0,40
Die Frucht quer gelagert.	0,40	Gerade Lage deſſelben.	0,10
Vorlage des Kopfes.	96,70	Hinterhaupt ſchief nach vorn.	94,70
Desgl. des Rumpfes.	2,90	Desgl. und zwar nach links.	76,80
Desgl. des Hinterhauptes.	96,20	Desgl. und zwar nach rechts.	17,90
Desgl. des Geſichtes.	0,50	Hinterhaupt ſchief nach hinten.	1,00
Desgl. des Steißes.	1,70	Desgl. und zwar nach rechts.	0,60
Desgl. des Fußes.	1,20	Desgl. und zwar nach links.	0,40
Schiefe Lage des Hinterhauptes.	95,70		

Wenn Steißgeburten nach den Erfahrungen mancher Geburtshelfer vor dem ſiebenten bis achten Monate häufiger vorkommen ſollen, ſo ſcheint dieſes eher durch die dann Statt findende Conformation des Uterus, als in einer urſprünglich umgekehrten Lage der Frucht bedingt zu ſein.

1691 Während die Gebärmutter die zehn Mondsmonate der Schwangerſchaft hindurch das Ei ruhig verträgt und ſich ſogar ſeinem Wachsthume gemäß vergrößert, iſt ſie es vorzüglich, welche die Austreibung deſſelben bei der Geburt vermittelt. Dieſes geſchieht durch periodiſch eintretende und nachlaſſende, ſehr kräftige Contractionen, welche mit heftigen Schmerzensgefühlen der Mutter verknüpft ſind und die man daher mit dem Namen der Wehen bezeichnet. Obgleich ſie noch von anderen Druckkräften in der Regel unterſtützt werden, ſo können ſie doch ſchon allein den Geburtsact vollenden. Die Schmerzen, welche ſie begleiten, ſind nur eine Nebenerſcheinung, und eine Frau z. B., der das Rückenmark in der Gegend der unteren Bruſtwirbel zerſtört worden, iſt im Stande, ein normales Kind, ohne das geringſte Gefühl davon zu haben, zu Tage zu fördern. Weſentlich dagegen iſt die durch die Verkürzung der Muskelfaſern bedingte Veränderung des Cohäſionszuſtandes der Gebärmutter. Vorzüglich der Grund

[1]) C. F. Burdach die Phyſiologie als Erfahrungswiſſenſchaft. Zweite Auflage. Bd. III. Leipzig, 1838. 8. S. 45.

derſelben fühlt ſich während der Contraction hart an und tritt als ein feſterer kugeliger Körper nach den Bauchdecken hervor. Die Umgebung des Gebärmuttermundes zeigt dieſe Veränderungen nicht, oder wenigſtens auf keine auffallende Weiſe.

Die Wehen bilden eine ſelbſtſtändige Thätigkeit des Uterus, welche nicht etwa bloß durch den mechaniſchen Reiz des Eies veranlaßt werden. Dieſes erhellt daraus, daß ſie bisweilen auch bei Extrauterinalſchwangerſchaften und natürlich ohne ihr gewöhnliches Reſultat auftreten.

Manche Frauen bieten ſchon einzelne eigenthümliche Vorboten vor 1692
dem Eintritte der erſten Wehen dar. Hierher gehören z. B. ein leichtes Fröſteln, das Gefühl vermehrter Wärme im Körper oder auch nur in den Geſchlechtstheilen, ödematöſe Anſchwellungen der äußeren Schaamlefzen, vermehrte Abſonderung in den äußeren Genitalien, eine bedeutendere Oeffnung des Scheideneinganges, Einſinken des Leibes, Schiefſtellung des Muttermundes nach hinten und oben, größere Schwierigkeit, den Kindestheil zu fühlen, und häufigerer Drang, den Urin und den Stuhlgang zu entleeren. Jedoch können auch alle dieſe Zeichen dergeſtalt mangeln, daß die Frau von den erſten Wehen wachend oder ſchlafend im ſtrengſten Sinne des Wortes überraſcht wird.

Der Eintritt des Geburtsactes beginnt mit den ſogenannten Vor- 1693
wehen oder Neckwehen (Dolores praesagientes), d. h. noch verhältnißmäßig ſchwachen Zuſammenziehungen der Gebärmutter, welche auch mit geringern Schmerzen verbunden ſind und in größeren Zwiſchenräumen von ungefähr 10 Minuten bis ¼ Stunde und mehr auftreten. Die Scheide wird zu gleicher Zeit wärmer und ſtärker geöffnet. Ihre Schleimhaut ſondert eine ſtets bedeutender werdende Menge eines zäheren Schleimes ab. Die etwa noch vorhandenen Reſte der Vaginalportion der Gebärmutter verſtreichen immer mehr. Sie ſteht dabei hoch nach oben und hinten, ſo daß ſie nur ſchwer durch den eingeführten Finger erreicht werden kann.

Dieſe Vorwehen hören nur in ſeltenen und zum Theil krankhaften 1694
Fällen wiederum gänzlich auf, ſo daß die Frau ſelbſt mehrere Tage lang gar keine Beſchwerden empfindet, bis endlich der Geburtsact von Neuem beginnt. Sonſt dagegen werden die von dem Halstheile nach dem Grunde der Gebärmutter fortſchreitenden [1]) Zuſammenziehungen derſelben und die Schmerzen, die auch im Kreuze hervortreten, immer bedeutender und kehren auch in ſtets kürzeren Zeiträumen wieder. Es bilden ſich auf dieſe Weiſe die vorbereitenden Wehen (Dolores praeparantes). Die Frau wird ſchon weit unruhiger und ungeduldiger, wirft ſich auf ihrem Lager herum, ſucht Erleichterung durch Aufſtehen und Herumgehen, hat häufiger das Bedürfniß, Stuhl und Urin zu entfernen, entleert aber nur geringe Mengen dieſer Excrete oder macht ſogar ganz vergebliche Anſtrengungen dazu. Ihr Geſicht röthet ſich von Zeit zu Zeit; der Durſt vermehrt ſich; es erzeugen ſich leicht Uebelkeiten, Aufſtoßen, Würgen, Erbrechen. Der meiſt kleine Puls klopft bald ſchneller, bald langſamer. Nicht ſelten duftet

[1]) Kilian a. a. O. Th. I. S. 239.

die Haut von Schweiß. Der Muttermund erweitert ſich im Anfange langſam, ſpäter dagegen ſchneller. Chorion und Amnion mit einem Theile des vor dem Kopfe hinabgetriebenen Schafwaſſers, welches in der Folge als das ſogenannte erſte Waſſer entleert wird, drängen ſich im Augenblicke der Wehe in Form eines Halbkugelſegmentes vor und weichen wiederum nach dem Aufhören derſelben zurück. Man ſagt dann, daß ſich die Blaſe ſtelle. Dabei weicht jedesmal der Kindeskopf zurück. Der Scheidenſchleim wird immer reichlicher. Enthält er Blutſtreifen, ſo nennt man dieſes die rothen Zeichen.

1695 Iſt der Muttermund hinreichend, d. h. ungefähr in einem Durchmeſſer von ungefähr 2 Zoll oder etwas mehr geöffnet und dauern die Wehen mit gehöriger Kraft fort, ſo tritt die Blaſe auch außerhalb der Wehezeit prall hervor, iſt, wie man ſich ausdrückt, ſprungfertig und reißt dann endlich während einer Wehe durch. Dieſer Act des Blaſenſprunges hat das Auslaufen einer verhältnißmäßig geringen Menge von Amniosflüſſigkeit zur Folge. Der Kindskopf tritt mehr nach dem Gebärmuttermunde vor und der Uterus umſchließt die Frucht, die ſich bisweilen von nun an nicht mehr bewegt, genauer. Nach einer kürzeren oder längeren Zeit der Ruhe kommen nun die ſtärkſten, die eigentlichen Wehen (Dolores ad partum) raſch hinter einander. Die Frau wird immer aufgeregter, hat ſtets heftigeren Drang, Stuhl und Urin zu entleeren, ſchreit lauter, ſchwitzt, wird im höchſten Grade ungeduldig, verzweifelt an der Möglichkeit, das Geburtsgeſchäft zu beendigen, verwünſcht bisweilen ihr früheres eheliches Verhältniß und bittet ſogar nicht ſelten ſie zu tödten, da ſie ja doch unterliegen müſſe. Die Bauchpreſſe und der Apparat der Athemmuskeln wird bei jeder Wehe in immer ausgedehnterem Maaße zu Hilfe gezogen. Die Kreißende ſtemmt ſich unwillkürlich mit ihren Extremitäten an benachbarte Körper, umfaßt die ihr dargebotene Hand krampfhaft und fleht dringend, ihr zu helfen, wenn Hilfe noch möglich ſei. Ihr Schreien wird immer lauter und die Töne, welche ſie in dem Culminationspunkte der Wehen hervorbringt, gehören zu den höchſten, die das menſchliche Stimmorgan zu erzeugen im Stande iſt. Mit der größten Ungeduld erwartet ſie das Ende ihrer Leiden, frägt jeden Augenblick, ob nicht ſogleich das Geburtsgeſchäft aufhören werde, und Muthloſigkeit und Verzweiflung ſind die fortwährenden Begleiter aller ihrer geiſtigen Thätigkeiten.

1696 Der Kopf des Kindes wird während dieſes Sturmes mit ſeinem größten Umfange in den Gebärmuttermund hineingetrieben und befindet ſich dann, wie man ſich ausdrückt, in der Krönung. Die nächſte ſtarke Wehe treibt ihn gänzlich durch. Die Umgebungen des Muttermundes reißen bei dieſer Gelegenheit und zwar am ſtärkſten bei Erſtgebärenden ein. Es geht hierdurch etwas Blut verloren. Die Blutung verſtärkt ſich aber noch etwas, wenn ſich gleichzeitig der Fruchtkuchen von der Gebärmutter theilweiſe loslöſt. Nachfolgende Wehen preſſen ihn mit Gewalt durch die Scheide. Das verdünnte Mittelfleiſch ſpannt ſich und tritt halbkugelig hervor. War früher der etwa in der Blaſe vorhandene Urin unwillkürlich herausgetreten, ſo werden jetzt die im Maſtdarme liegenden Kothmaſſen hervorgepreßt. Das Mittelfleiſch und die Schaamlefzen dehnen

ſich immer mehr aus und drohen nicht ſelten einzureißen. Die eben geſchilderten Qualen der Mutter und ihre unwillkürlichen Gegenanſtrengungen durch Stemmen, Preſſen und Schreien erreichen ihren höchſten Grad. Der Druck auf das Hüftgeflecht veranlaßt heftige Schmerzen und Zuckungen in den Schenkeln. Die Frau ſchwitzt am ganzen Körper, ihre Augen glänzen, ihr Geſicht iſt geröthet, die ſchwere Arbeit abſorbirt alle ihre Fähigkeiten. Von Zeit zu Zeit lauft etwas reines oder mit Blut gemiſchtes Amnioswaſſer ab. Die heftigſten Wehen, die ſogenannten Schüttelwehen, folgen Schlag auf Schlag. Der Kindskopf rückt der Scheidenöffnung immer näher. Endlich erſcheint das Hinterhaupt frei, der Kopf ſchneidet ein, wird während des ſchmerzhafteſten Augenblickes mit ſeinem größten Durchmeſſer zum Scheidenausgange herausgetrieben und läßt das Geſicht mit einem ſchnellen ſchmerzloſeren Rucke unmittelbar folgen.

Da er ohne Accommodation gegen die Beckendurchmeſſer entweder gar 1697
nicht oder nur ſehr beſchwerlich vordringen könnte, ſo macht er auf dieſem ſeinen beſchwerlichen Wege mehrere Drehungen. Er wird nämlich, ſobald er in die Krönung tritt, zuſammengepreßt. Die Scheitelbeine und das Hinterhauptsbein ſchieben ſich gegen einander. Das Hinterhaupt wird hierdurch länger und ſchmäler. Verzögert ſich die Geburt, ſo faltet ſich die Haut deſſelben, ſchwillt an und bildet die ſogenannte Kopfgeſchwulſt (Caput succedaneum). Befindet ſich der Kopf in der Krönung, ſo ſteht er noch im ſchiefen Beckendurchmeſſer und liegt zugleich ſelbſt in Bezug auf ſeinen Längen- und Querdiameter ſchräg, ſo daß größtentheils die rechte Hälfte am Hinterhaupte und vorzüglich dem Scheitel frei wird. Jenes begiebt ſich dann nach dem Durchgange durch den Muttermund hinter die Schaambeine und das Geſicht nach der Aushöhlung des Kreuzbeines. Indem nun ſpäter der im ſchiefen Durchmeſſer befindliche Rumpf nachdrängt, gleitet das Hinterhaupt herab, wird, während der Nacken an der Symphyſe liegt, von den Schaambogen feſtgehalten und dient dann als Stützpunkt, damit das Geſicht an dem Maſtdarm und dem Kreuzbeine leicht hinuntergeht. Der Kopf liegt ſpäter bei dem Einſchneiden dergeſtalt, daß ſich die Pfeil- und die Stirnnaht in der Länge der Schaamſpalte, die große Fontanelle gegen die Klitoris und die Stirn am Damme befinden [1]). Er wendet ſich endlich während des Durchſchneidens durch die möglichſt ausgedehnten, kartenblattdünnen Umgebungen der Schaamſpalte oder unmittelbar nach dieſem Acte dergeſtalt, daß das Geſicht nach der inneren und hinteren Seite des rechten Oberſchenkels der Mutter ſieht. Dieſe Drehung rührt von der Stellung der Schultern, die nun den ſchiefen Beckendurchmeſſer einnehmen, her. Die rechte ſieht nämlich dann nach der rechten Schaam-Darmbeinverbindung, die linke nach der linken Heiligbein-Darmbeinſymphyſe. Jedoch zeigen gerade dieſe Rotationsverhältniſſe ſelbſt bei regelmäßigen Geburten ſehr viele Abweichungen, die wahrſcheinlich von der Beſchaffenheit des Beckens, der Lage und Stellung der Gebärenden und den Verhältniſſen des Kindes abhängen.

---

[1]) C. F. Burdach a. a. O. S. 66.

1698 Iſt der Kopf geboren, ſo ruhen die Wehen eine oder mehrere Minuten, treten dann aber wieder ein, um den Rumpf hervorzupreſſen. Die Schultern kommen mit weit geringerer Mühe hervor. Sie dringen dergeſtalt durch, daß die eine und zwar in der Regel die rechte hinter oder unter der Schaambeinſymphyſe hingeht. Rumpf und Extremitäten folgen leicht, und die größte Menge des Amnioswaſſers ſtürzt ſogleich nach. Der Uterus zieht ſich ſehr ſtark zuſammen und liegt mit ſeinem Grunde in der Nähe des Nabels. Die Frau iſt von ihren Schmerzen befreit und ruht von ihrer Arbeit aus. Nach einiger Zeit erſcheinen neue, jedoch ſchmerzloſere Wehen, welche den Fruchtkuchen bei den ungehinderten Zuſammenziehungen des Uterus von dieſem losreißen und austreiben. Die Placenta zeigt ſich in der Vagina und zwar ſo umgelegt, daß ſie ihre von dem Amnion überzogene Fläche nach der Scheide hinwendet. Sie tritt entweder von ſelbſt hervor oder wird durch einen leiſen Zug am Nabelſtrange herausbefördert. Mit ihr kommen die Eihäute oder die geſammte Nachgeburt und bisweilen der Reſt des Amnioswaſſers. Ein mehr oder minder bedeutender Strom theils geronnenen, theils flüſſigen Blutes ſtürzt nach. Die Gebärmutter verkleinert ſich noch mehr und das Geburtsgeſchäft iſt auf dieſe Weiſe beendigt.

1699 Die Mutter, welche ſich ſchon während der Löſung der Nachgeburt merklich erholt hat, wird in der Regel bald, nachdem ſie zu Bett gebracht worden, von Schüttelfroſt und Zähneklappern befallen. Ihr Geſicht wird nicht ſelten blaß; die Geſichtsmuskeln zucken, die Augen verdrehen ſich bisweilen. Die Haut fühlt ſich kalt an. Iſt dieſes vorüber, ſo erhalten auch die geiſtigen Kräfte eine andere Richtung. Wie der Menſch überhaupt ein ſchwaches Gedächtniß für überſtandene Schmerzen hat, ſo ſind auch jetzt die Leiden des Gebäraktes größtentheils vergeſſen. Die Frau iſt ruhig, freut ſich über den Neugebornen und wendet ſich mit Liebe zu dem Vater des Sprößlings, den ſie nicht ſelten während der Akme der Geburtsſchmerzen von ſich geſtoßen. Ein allgemeiner Schweiß bricht nach und nach hervor. Der Uterus verkleinert ſich immer mehr; von Zeit zu Zeit geht eine Quantität Blut durch die Scheide ab und die bloße Ruhe oder der eintretende Schlaf erquicken die Wöchnerin auf ſichtliche Weiſe.

1700 Die vorzüglichſten Erſcheinungen, welche das normale Wochenbett begleiten, werden dadurch bedingt, daß der Uterus zu ſeinem früheren Zuſtande zurückzukehren ſucht und der Ueberſchuß der Blutmaſſe, welcher nicht unmittelbar aus ihm abfließt, zu anderen Secreten verwendet wird. Die Frau ſchwitzt daher leicht und athmet wahrſcheinlich auch mehr als früher. Die Mengen des Harnes dagegen zeigen ſehr viele Verſchiedenheiten, während, was den Stuhl betrifft, eher Verſtopfung als Diarrhö eintritt.

1701 Der nächſte Wirkungskreis gehört noch der Gebärmutter an. Indem ſie ſich in den erſten Tagen von Zeit zu Zeit zuſammenzieht, entſtehen die Nachwehen, die im Allgemeinen mit den ächten Wehen in einem gewiſſen umgekehrten Verhältniſſe ſtehen, d. h. ſie ſind bei Erſtgebärenden ſchwächer als bei Frauen, die zum zweiten, dritten Male niedergekommen,

während die ächten Wehen bei dieſen leichter als bei jenen auszufallen pflegen. Die erſte Zeit nach der Geburt geht eine Menge theils geronnenen, theils flüſſigen Blutes ab. Es wird ſpäter mehr theerartig und übelriechend und kann ſogar ätzende Eigenſchaften erhalten. Die Reſte der Decidua werden wahrſcheinlich in dieſer Zeit mit ausgeſtoßen. Später iſt der Abgang flüſſiger und heller, hat anfangs die Farbe von Fleiſchwaſſer und erhält zuletzt eine ſchleimige Beſchaffenheit. Man nennt dieſen Ausfluß die Wochenbettreinigung oder die Lochien und unterſcheidet demgemäß blutige, ſeröſe und weiße Lochien. Sie enthalten nach Stannius und Scherer in den erſten zwei Tagen des Wochenbettes faſt reines Blut mit normalen Blutkörperchen. Am dritten Tage zeigen ſich neben ihnen veränderte oder unveränderte Exſudat- oder Schleimkörperchen. Jene erſteren bedingen auch noch in der Folge die röthliche Farbe, während die letzteren einen großen Einfluß auf die ſpätere Conſiſtenz der Lochien ausüben. Immer führen ſie Epithelialblättchen, deren Menge jedoch in hohem Grade wechſelt.

Die rothen Lochien dauern durchſchnittlich bis zum 3ten bis 4ten, die ſeröſen roth gefärbten bis zum 10ten bis 11ten Tage und die weißen 1 bis 1½ Monate lang fort. Jedoch unterliegen dieſe Verhältniſſe ſelbſt bei ſonſt geſunden Frauen einem ſehr bedeutenden Wechſel.

Die vergleichenden Analyſen von Scherer [1]) geben eine gute allgemeine Ueberſicht des Wechſels der Zuſammenſetzung der Lochien je nach Verſchiedenheit der Tage des Wochenbettes. Vier Wöchnerinnen, die keine krankhaften Symptome darboten, führten in dieſer Beziehung zu folgenden Reſultaten.

Tag des Wochenbettes.	Beſtandtheile der Lochien.	Frau.	19jähriges Individuum.	Frau.	Mehrgebärende.
Erſter.	Waſſer.	74,00	—	83,34	83,01
	Feſter Rückſtand.	26,00	—	16,66	16,99
	Aſchenbeſtandtheile.	—	—	0,70	0,987
Zweiter.	Waſſer.	81,22	—	81,58	81,74
	Feſter Rückſtand.	18,78	—	18,42	18,26
	Aſchenbeſtandtheile.	0,935	—	1,31	1,054
Dritter.	Waſſer.	76,00	88,40	—	86,70
	Feſter Rückſtand.	24,00	11,60	—	13,30
	Aſchenbeſtandtheile.	1,22	1,28	—	0,894
Vierter.	Waſſer.	80,90	—	—	89,872
	Feſter Rückſtand.	19,10	—	—	10,128
	Aſchenbeſtandtheile.	0,95	—	—	1,427
Fünfter.	Waſſer.	90,65	90,33	87,96	—
	Feſter Rückſtand.	9,35	9,67	12,04	—
	Aſchenbeſtandtheile.	—	1,06	1,106	—

[1]) J. J. Scherer Chemische und mikroskopische Untersuchungen zur Pathologie, angestellt an den Kliniken des Julius-Spitals in Würzburg. Heidelberg, 1843. 8. S. 131 fgg.

Tag des Wochenbettes.	Beſtandtheile der Lochien.	Frau.	19jähriges Individuum.	Frau.	Mehrgebärende.
Sechſter.	Waſſer.	92,40	93,20	—	—
	Feſter Rückſtand.	7,60	6,80	—	—
	Aſchenbeſtandtheile.	0,82	0,80	—	—
Siebenter.	Waſſer.	—	94,72	—	—
	Feſter Rückſtand.	—	5,28	—	—
	Aſchenbeſtandtheile.	—	0,98	—	—
Achter.	Waſſer.	—	96,57	—	—
	Feſter Rückſtand.	—	3,43	—	—
	Aſchenbeſtandtheile.	—	0,98	—	—

Die Lochien werden mithin immer wäſſeriger. Der Verluſt ihres feſten Rückſtandes bezieht ſich aber im Allgemeinen mehr auf die organiſchen als die anorganiſchen Beſtandtheile. Dieſes relative Vorherrſchen der letzteren bildet, wie wir §. 472 ſahen, ein charakteriſtiſches Merkmal der ſeröſen Abſonderungen, zu denen ſich die Lochien bei ihrem Rücktritte geſtalten. Die Einführung friſcher Lochien von dem dritten Tage nach der Geburt in eine Wunde des Kaninchens erzeugte nach Scherer örtliche brandige Zerſtörung, allgemeine Vergiftung und bald darauf den Tod.

1702 Die Brüſte, welche ſchon während der Schwangerſchaft vorbereitet, wurden und meiſtentheils ſelbſt vor der Geburt eine geringe Menge Secretes lieferten, werden allmälig nach derſelben der Hauptort der Congeſtion, die ſich immer mehr von den Geſchlechtstheilen ableitet. Sie ſchwellen vorzüglich vom dritten Tage des Wochenbettes an bedeutend auf liefern ein immer reichlicheres und mit mehr Proteinkörpern und Fett verſehenes Secret und richten ſich auf dieſe Art ein, auch ſpäter dem Säuglinge in den erſten Monaten ſeines Lebens die paſſendſte und für ihn kräftigſte Nahrung zu liefern. Ihre bedeutendere Anſchwellung an dem dritten Tage nach der Geburt erzeugt häufig Stiche in ihnen, Schmerzen in den benachbarten Achſeldrüſen oder eine ſelbſt allgemeinere fieberhafte Aufregung, das ſogenannte Milchfieber, welches jedoch keineswegs, ſogar in ſeiner gelindeſten Form, einen Begleiter des normalen Wochenbettes bildet. Indem aber die reichliche Blutmaſſe der Frau einen Ausführweg durch die Brüſte findet, vermindern ſich zuerſt die Wochenbettſchweiße. Später bleiben die Regeln aus, weil die Brüſte mit ihrer anhaltenden Ausſcheidung das Gleichgewicht des weiblichen Körpers ohnedies herſtellen. Der erneuerte Eintritt der Katamenien oder der Schwangerſchaft, ja ſelbſt oft die bloße Ausübung des Beiſchlafes unterbrechen das Säugungsgeſchäft oder ſtören es wenigſtens ſogleich in hohem Grade, ſo daß der Säugling bei fernerem Gebrauche der Milch weſentlich gefährdet werden kann.

1703 Nachembryonale Entwickelung. — So lange ſich die Frucht im Mutterleibe befindet, empfängt ſie nicht nur das zu ihrem Wachsthume nöthige Material aus dem Blute der Mutter, ſondern wird auch vielen anderen Einwirkungen derſelben ausgeſetzt. Iſt z. B. der Uterus krampfhaft zuſammengezogen oder greifen andere ſtörende Wirkungen ein, ſo

wird ſie leicht in ihrer Entwickelung gehemmt. Eine Extremität z. B. bleibt in ihrer Ausbildung zurück; es erhalten ſich andere Bildungshemmungen oder es entſteht Atrophie, Waſſerſucht u. dgl. So wenig nun zwar Einwirkungen der Art bezweifelt werden können, ſo ſehr ſchwindet jedoch die Grundlage der ſo vielfachen angeblichen Beobachtungen von ſogenanntem Verſehen der Schwangeren vor einer gebührenden Kritik. Die meiſten Erzählungen der Art beruhen auf Kenntnißloſigkeit der Entwickelungsgeſchichte, auf Leichtgläubigkeit und Aberglauben, die je geringer das Wiſſen, um ſo eher Fuß faſſen. Wenn ſich z. B. der Erzählung nach eine Frau im vierten oder fünften Monate an einem Amputirten verſieht und dann ein Kind, dem eine Extremität fehlt, zur Welt bringt, ſo ergiebt ſich die Nichtigkeit des Verſehens ſchon daraus, daß die Hände und Füße in der erſten Hälfte des dritten Monates ihre morphologiſche Vollendung erreichen. Eben ſo wenig beruhen die Bildungen von Telangieektaſieen, Flecken u. dergl. an Stellen der Frucht, die beſonderen afficirten Punkten der Mutter entſprechen, auf irgend erſichtlichen phyſiologiſchen Gründen. Die Phantaſie der Mutter kann dadurch nachtheilig wirken, daß ſie krankhafte Zuſammenziehungen des Uterus und eine ſchlechte Ernährung bedingt. Die meiſten Mißbildungen, welche nicht etwa auf erblichen Fehlern beruhen, rühren von Frauen her, die in ſchlechten Ehen ſehr gedrückt und in Sorgen leben oder an vielfachen Krampfbeſchwerden leiden. Allein zwiſchen dieſen erklärlichen Verhältniſſen und den myſteriöſen Erſcheinungen des Verſehens liegt eine Kluft, welche kein mit der Entwickelungsgeſchichte vertrauter und ſtreng prüfender Arzt, wenigſtens für die meiſten Fälle auszufüllen im Stande iſt.

Die Geburt erlöſt die Frucht von dieſem unmittelbaren mütterlichen 1704
Einfluſſe und macht ſie inſofern ſelbſtſtändig, als der Neugeborene eben ſo gut in der freien Welt wie der Erwachſene leben kann. Allein die Nothwendigkeit der natürlichen Milchnahrung und ſeine Unbehilflichkeit ketten ihn noch an die Mutter oder andere Erwachſene. Seine vollkommene Emancipation von dieſen Banden tritt erſt ſpäter mit der größeren Kraftentwickelung ſeines Körpers und Geiſtes hervor.

So wie das Kind während oder nach der Geburt mit der Atmoſphäre 1705
in Berührung kommt, bildet die Einleitung der Luftathmung die erſte Handlung, welche es zur Friſtung ſeines Lebens vornehmen muß. Es beginnt mit tiefen Reſpirationsbewegungen, mit Schreien ſeine Exiſtenz, damit die erſte Oxydation ſeines Blutes in den Lungen das verlängerte Mark anrege und nun jene wichtige Thätigkeit das ganze Leben hindurch fortdauere. Der Placentarkreislauf wird, ſo wie dieſe Athmung eingeleitet worden, überflüſſig. Die Nabelarterien hören nach und nach zu klopfen auf, und wir können die Unterbindung der Nabelſchnur, die früher das Leben des Kindes aufgehoben haben würde, ungehindert vornehmen.

Die Urſache des erſten Athmens läßt ſich bis jetzt noch nicht mit 1706
Sicherheit angeben. Jedoch wird der Reiz der Atmoſphäre ſelbſt als die Veranlaſſung deſſelben mit vieler Wahrſcheinlichkeit betrachtet. Da die

56*

Frucht bis jetzt in dem Amnioswaſſer geſchwommen, ſo muß die Veränderung des ſie umgebenden Medium, die Haut, wenn ſie auch von Käſeſchmiere und anderen Unreinigkeiten überzogen iſt, afficiren und auf dem Wege des Reflexes Athembewegungen erzeugen. Wir beleben auch ein Kind, das ſcheintodt zur Welt kommt, durch Hautreize, wie Reiben, Klopfen, Anſpritzen von kaltem Waſſer, Aether, Einſetzen in ein warmes Bad u. dgl. Dieſer Reiz der Atmoſphäre kann natürlich ſchon in Ausnahmsfällen während der Geburt einwirken und ſo das Schreien des Kindes in der Gebärmutter, den Vagitus uterinus, erzeugen. Wenn Säugethierfrüchte, die noch in den Eihäuten und der Amniosflüſſigkeit eingeſchloſſen ſind, Athembewegungen machen, ſo läßt ſich als Urſache der Erſcheinung denken, daß das Schaafwaſſer Luft abſorbirt. Solche Bewegungen bilden aber dann noch keine Nothwendigkeit. Dauert der Placentarkreislauf fort, ſo ſtehen ſie oft von ſelbſt ſtill und erneuern ſich, ſo wie man die Nabelſchnur zuſammendrückt (Carus). Daß aber das Athmungsbedürfniß einzelner Säugethiere in den erſten Zeiten nach der Geburt eine geringere Intenſität als ſpäter habe, zeigen die von Haller, Buffon, Rooſe und Joh. Müller gemachten Erfahrungen, daß neugeborene Hunde ſelbſt nicht durch einen mehrſtündigen Aufenthalt in lauem Waſſer erſticken.

1707 Die von nun an fortdauernde Lungenathmung wird in ihren nothwendigen Wirkungen in höherem Maaße dadurch geſichert, daß ſich Lungen- und Körperkreislauf im Laufe der erſten Lebenszeit ſchärfer von einander ſondern. Das eirunde Loch und der Botalliſche Gang ſchließt ſich, ſo daß alle directen Verbindungen zwiſchen dem rechten und dem linken Herzen, der Lungenarterie und der Aorta aufhören. Die unbrauchbar gewordenen Nabelarterien, die Nabelvene und der venöſe Gang des Arantius verwandeln ſich, gleich dem Urachus, der früher ſchon oblitterirte, in dichte Faſerbänder.

1708 Wird das neugeborene Kind, nachdem es ſeine Athmung eingeleitet hat und von den Unreinigkeiten ſeiner Haut befreit worden, ſich ſelbſt überlaſſen, ſo beſteht ſein erſtes Geſchäft darin, eine Reihe von Stunden zu ſchlafen, ſei es, daß es hierdurch nur ſein früheres Leben fortſetzt oder daß die Anſtrengungen bei der Geburt und der ungewohnte Reiz der Luft eine wohlthätige Betäubung veranlaſſen. Die Mutter gewinnt hierdurch nicht nur Zeit zur Erholung, ſondern auch die Brüſte können indeß etwas mehr Milch abſondern. Später nimmt der Säugling die erſte Mutternahrung, entfernt Urin und Stuhl und zeigt nur noch bisweilen die Eigenthümlichkeit, daß er ſich in ſeinen erſten Lebenstagen ſtärker häutet, ſo daß die Fragmente ſeiner Oberhaut in Form reichlicher Klaien in ſeiner Wäſche gefunden werden.

1709 Die erſte Milch, welche er erhält, das ſogenannte Coloſtrum, bildet für ihn kein bloßes Nahrungs-, ſondern auch ein Abführungsmittel, weil es verhältnißmäßig mehr Salze als ſpäter enthält, nichts deſto weniger aber mehr feſte Stoffe und ſelbſt mehr Caſein, Zucker und Butter als in der Folge beſitzen kann. Dieſes ergiebt ſich z. B. aus folgenden verglei-

chenden Analyſen, welche von F. Simon [1]) an der Milch einer und derſelben Frau angeſtellt worden ſind.

Tag nach der Niederkunft.	Procentiger Gehalt der Milch an				
	Waſſer.	Käſeſtoff.	Zucker.	Butter.	feuerbeſtändigen Salzen.
2, noch kein Milchfieber.	82,80	4,00	7,00	5,00	0,316
17	88,38	1,96	5,76	3,14	0,166
136	87,36	4,00	4,60	3,70	0,270

Wir ſehen aber zugleich hieraus, daß dieſe erſte Milch ſchon eine ſehr reichhaltige Menge nährender Subſtanzen führt. Sie zeigt zwar unter dem Mikroſkope außer den charakteriſtiſchen Milchkörperchen eine bedeutende Menge eigenthümlicher Gebilde, die ſogenannten Coloſtrumkörperchen. Allein dieſe ſtellen kein ſicheres Zeichen des Coloſtrum dar, weil ſie ſich noch häufig, wenn auch in geringerer Menge, in der ſpäteren Milch vorfinden.

Die drei Hauptkörper, welche in der Milch enthalten ſind, der Käſe- 1710
ſtoff, der Zucker und die Butter, bilden, wie man ſieht, eine für das Kind ſehr geeignete Verbindung von ſtickſtoffloſen und ſtickſtoffhaltigen Subſtanzen. Obgleich nun zwar die Zuſammenſetzung der Milch nach Verſchiedenheit der Frauen und der äußeren Verhältniſſe in hohem Grade wechſelt, ſo ſcheint ſie ſich doch noch im Laufe der Zeit bei jeder geſunden Amme nach dem Bedürfniß des Säuglings zu verändern. Daher auch nicht eine junge Amme für ein älteres Kind, und umgekehrt, paßt. Zucker und Butter erreichen nämlich im Coloſtrum ihr Maximum, während ſich deſſenungeachtet der Käſeſtoff auf ſeiner Minimalſtufe befindet. Er vermehrt ſich dagegen in der Folge, ſchwankt jedoch dann zwiſchen ziemlich bedeutenden Grenzen. Umgekehrt nehmen Zucker und Butter ab. Die näheren Belege hierfür, die ſich jedoch nur auf die friſche Milch im Ganzen, nicht aber auf ihren feſten Rückſtand allein beziehen, liefern folgende Zahlen, welche von F. Simon bei der Analyſe einer und derſelben Frau erhalten worden:

[1]) F. Simon Die Frauenmilch nach ihrem chemischen und physiologischen Verhalten dargestellt. Berlin, 1838. 8. S. 8.

Tag nach der Niederkunft.	Specifiſch. Gewicht der Milch.	Procentiger Gehalt der friſchen Milch					
		Waſſer.	trockner Rückſtand.	Käſeſtoff.	Zucker.	Butter.	feuerbeſtändige Salze.
2	1,0320	82,80	17,20	4,00	7,00	5,00	0,316
10	1,0316	87,32	12,68	2,12	6,24	3,46	0,180
17	1,0300	88,38	11,62	1,96	5,76	3,14	0,166
18	1,0300	89,90	10,10	2,57	5,23	1,80	0,200
24	1,0300	88,36	11,64	2,20	5,20	2,64	0,178
67	1,0340	89,82	10,18	4,30	4,50	1,40	0,274
74	1,0320	88,60	11,40	4,52	3,92	2,74	0,287
82	1,0345	91,40	8,60	3,55	3,95	0,80	0,240
89	1,0330	88,06	11,94	3,70	4,54	3,40	0,250
96	1,0334	89,04	10,96	3,85	4,75	1,90	0,270
102	1,0320	90,20	9,80	3,90	4,90	0,80	0,208
109	1,0330	89,00	11,00	4,10	4,30	2,20	0,276
117	1,0344	89,10	10,90	4,20	4,40	2,00	0,268
132	1,0340	86,14	13,86	3,10	5,20	5,40	0,235
136	1,0320	87,36	12,64	4,00	4,60	3,70	0,270

1711 Der Säugling empfängt auf dieſe Art ein hinreichendes Material, um Kohlenſäure und Waſſer für ſeine Athmung bilden und die noch außerdem eingeführten Proteinkörper für ſein Wachsthum benutzen zu können. Der Käſeſtoff verrichtet aber nicht bloß dieſen Dienſt, ſondern bietet ihm auch Chlornatrium und phosphorſaure Kalkerde für ſeine Knochen und Knorpel dar. Die Thiermilch iſt daher noch ſelbſt nach dem Aufhören des Säuglingsalters ein ſehr gutes Nahrungsmittel der Kinder.

Die Beſchaffenheit der Milch hängt natürlich mit den Zuſtänden der Mutter innig zuſammen. Sättigt ſich dieſe nicht hinreichend oder ernährt ſie ſich von ſchlechten und vorzugsweiſe vegetabiliſchen Speiſen, ſo wird die Milch ſparſamer und zeigt einen geringeren Gehalt an Butter, nicht aber an Käſeſtoff oder Milchzucker. Dieſe letzteren Beſtandtheile vermehren ſich auch nicht bei reichlicher Fleiſchkoſt. Dagegen wird dann die Menge der Milch, ſo wie ihr Fettgehalt bedeutender (F. Simon) [1]). Es bedarf noch der genauen Unterſuchung, welche von der Mutter verzehrten oder als Medicament eingenommenen Stoff in die Milch übergehen. Denn dieſes iſt z. B. nicht bei dem Eiſenkaliumcyanür oder Jodkalium, von dem es bis auf die neueſte Zeit behauptet wurde, der Fall [2]). Syphilitiſche Mütter liefern keine bei der chemiſchen Analyſe von der geſunden abweichende Milch. Es läßt ſich aber in dieſer, wie in vielen anderen Beziehungen kein beſtimmtes Urtheil fällen, weil z. B. eine Gemüthsbewegung der Mutter die Milch dergeſtalt vergiften kann, daß das Kind binnen Kurzem ſtirbt, während die Chemie noch keinen Aufſchluß in dieſer Beziehung zu geben vermag.

Die Abſonderung milchartiger Flüſſigkeiten iſt übrigens weder an die Zeit nach dem Wochenbette, noch an die Brüſte gebunden. Man hat nämlich ausnahmsweiſe Fälle, in welchen alte Frauen Kinder ſäugten, und eben ſo können bisweilen milchartige Fluida von den Achſelgruben, ja ſogar von den Brüſten oder ſelbſt dem Hodenſacke des Mannes geliefert werden [3]).

[1]) F. Simon a. a. O. S. 61. [2]) Ebendaselbst S. 73 fgg.
[3]) Vergl. R. Wagner Handwörterbuch der Phyſiologie. Bd. I. Braunſchweig, 1842. 8. S. 25.

Die Organiſation des Anfangstheiles des Nahrungskanales des Säug- 1712
lings weicht in manchen wohlberechneten Beziehungen von der des Erwachſenen ab. Die Mundhöhle und der Pharynx, die beide verhältnißmäßig weit ſind, gehen auf eine minder ſchroffe Weiſe in einander über, damit die Milch raſch und reichlich hinabgleiten könne. Dem Magen fehlt noch ein größerer Fundus, ſo daß das Erbrechen bei der gleichzeitigen geringeren Länge der Speiſeröhre leicht und ohne lange vorangehende Uebelkeiten erfolgt und die Einnahme zu vieler oder zu fetter Milch keine Indigeſtion veranlaßt. Da zugleich die Choanen niedriger ſtehen, ſo dringt oft ein Theil der erbrochenen geronnenen Milch ſelbſt bei älteren Säuglingen zu den Naſenlöchern heraus.

Während auf dieſe Weiſe das Kind durch gute Milchnahrung bedeu- 1713
tend wächſt und fett wird, gewinnt es zu gleicher Zeit an Conſolidation ſeines Skelettes. Die Wirbelſäule wird feſter, ſo daß es ſelbſt troß des verhältnißmäßig großen und ſchweren Kopfes aufrecht ſitzen kann. Seine Sinne und zwar zunächſt Geſicht und Taſtſinn, dann bald auch Gehör, Geſchmack, ſo wie die erſten geiſtigen Thätigkeiten entwickeln ſich allmälig. Jedoch fehlt noch die Empfänglichkeit für Geruchseindrücke und vorzüglich die Unterſcheidung angenehmer oder unangenehmer Perceptionen der Art ſehr lange. Das Kind lernt ſeine Hände und Füße gebrauchen, beginnt feſtere Speiſen zu kauen und verſucht die einfachſten Laute hervorzubringen. Noch herrſcht der Schlaf in hohem Maaße bei ihm vor. Wenn es in den erſten Lebenstagen nur ſehr kurze Zeit wachte und dann ungefähr ¾ von 24 Stunden und mehr verſchlief, ſo reducirt ſich gegenwärtig die Zeit der Ruhe auf 14 bis 16 Stunden.

Das natürliche Ende der Säuglingsperiode wird durch das Zahnen 1714
angedeutet. Schon der Neugeborene hat in ſeinem Innern verhältnißmäßig bedeutend entwickelte Zahnkeime. Allein ſie liegen hier verborgen. Das Zahnfleiſch iſt glatt, ſo daß die Kiefer die Bruſtwarze deſto beſſer und ſchmerzloſer faſſen können. Nur ausnahmsweiſe bringen Neugeborene, wie dieſes bei manchen Säugethieren, z. B. den Kaninchen, und zum Theil den Wiederkäuern normal iſt, einzelne Zähne mit auf die Welt. Indem ſich nun aber dieſe Gebilde während des Säuglingsalters ferner entwickeln, brechen ſie ungefähr vom neunten bis zehnten Lebensmonate an durch. Jedoch unterliegt dieſes vielen Ausnahmen, indem manche Kinder ſchon im ſiebenten Monate, andere erſt mit dem Ablaufe des erſten Lebensjahres zahnen. Die beiden inneren Schneidezähne der Unterkinnlade erſcheinen in der Regel zuerſt; dann folgen die vier Schneidezähne des Oberkiefers, hierauf die erſten Backzähne und ſpäter die Eckzähne, bis ſich endlich nach und nach eine Reihe von 20 Zähnen vervollſtändigt. Das Wachsthum der Kiefer regulirt ihre Stellung, ſo daß ſie, was bei ihren Keimen weniger der Fall war, minder unvollkommene Reihen bilden. Die Nahrung des Kindes wird dabei immer feſter und der des Erwachſenen ähnlicher.

Mittlerweile aber hat es ſich auf die Füße geſtellt, lernt einzelne 1715
Laute ſprechen und erwirbt ſich eine Reihe von Begriffen. Seine erſten Handlungen werden vorzüglich durch ſeine Nachahmungsſucht beſtimmt.

Geiſtige Receptivität und ein verhältnißmäßig ſehr ſtarkes und vielumfaſſendes Gedächtniß charakteriſiren es vorzugsweiſe zu dieſer Zeit. Erſt nach und nach kommt es zur Selbſtbeurtheilung und der Anwendung des Verſtandes. Der Trieb, Alles zu zerreißen und zu zerſtören, die Tiſche leer zu räumen und ſo viel als möglich herunterzuwerfen, unzweckmäßige Bewegungen zu wiederholen und Alles ohne Unterſchied zu betaſten, weicht verſtändigerem Spielen, einer gewiſſen Auswahl der Gegenſtände, welche wohlgefallen, mit einem Worte, einem intelligenteren und ſelbſtſtändigen geiſtigen Handeln. Hat es indeß die Fähigkeit, zuſammenhängend zu ſprechen, erlangt, ſo fehlt ihm noch im Anfange das Perſönlichkeitsgefühl. Es unterſcheidet ſich weniger von anderen und redet von ſich als von einer fremden Sache, in der dritten Perſon, mit Nennung ſeines Namens, wie es dieſes von Anderen hört. Nach und nach greift auch hier mehr Selbſtſtändigkeit durch. Die Spiele werden durchdachter, und die beiden Geſchlechter fangen an ſich in ihren Neigungen zu unterſcheiden. Während der Knabe an Roß und Reitern, an Gewehr und Kanonen ſein Wohlgefallen findet, kocht das Mädchen in ihrer Küche und wird nicht müde, ihre Puppe umzukleiden, herumzutragen oder ins Bett zu legen.

1716 Indem die nachfolgenden Jahre der Kindheit mit einer immer größeren Entwickelung der Intelligenz einherſchreiten, leitet ſich ungefähr um das ſiebente Jahr das zweite Zahnen ein. Das unreife Kind nämlich beſitzt ſchon 24 Alveolen. Allein nur 20 Milchzähne brechen durch. Selbſt dieſe aber haben relativ ſchwächere Wurzeln und mehr oder minder eigenthümliche Formen und nutzen ſich bald an ihren Kronen ab. Ihre Nachfolger werden daher ſchon frühzeitig angelegt. Indem ihre Rudimente in der letzten Hälfte der Schwangerſchaft entſtehen, entwickeln ſich die Kronen und die Körper der Schneidezähne, die Kronen der Eckzähne und der erſten Backzähne, und die Körper der dritten Backzähne im zweiten, die Kronen der zweiten Backzähne im dritten und endlich die Wurzeln der Schneidezähne und der dritten Backzähne, die verknöcherten Spitzen der vierten und die Rudimente der fünften Backzähne im vierten Lebensjahre. Im ſiebenten ſind die Schneide- und die dritten Backzähne ausgebildet, während ſich die Wurzeln der Eckzähne und der zwei erſten Backzähne zu entwickeln anfangen, die Kronen der vierten Backzähne hergeſtellt, die fünften dagegen noch nicht verknöchert ſind [1]). Nun bricht zuerſt der dritte Backzahn, der gleich dem vierten und fünften nicht gewechſelt wird, durch. Die fortwachſenden Erſatzzähne beengen die immer graciler werdenden Wurzeln der entſprechenden Milchzähne. Dieſe werden wackelig und fallen leicht aus. Die neuen Backzähne, ſo wie die Eckzähne des Unterkiefers dringen gerade auf die älteren ein, während ſich die Oeffnungen ſämmtlicher Schneidezähne und der Eckzähne des Oberkiefers hinter den Milchzähnen befinden.

1717 Was den Erſatz ſelbſt betrifft, ſo wird von Sömmerring [2]) folgen-

[1]) C. F. Burdach a. a. O. Th. III. S. 262.
[2]) S. Th. v. Sömmerring Lehre von den Knochen und Bändern des menſchlichen Körpers. Herausgegeben von R. Wagner. Leipzig, 1839. 8. S. 94.

der Gang als der normale angeſehen. Die unteren Milch-Schneidezähne fallen in der Regel im ſiebenten, die oberen im achten und die Eck- und die beiden erſten Backzähne im zehnten bis zwölften Jahre aus. Das mittlere Paar der oberen und der unteren Schneidezähne bricht im ſiebenten Jahre durch. Ihnen folgen bald die äußeren Paare derſelben und nach ihnen die erſten Backzähne. Die zweiten Backzähne erſcheinen im dreizehnten bis vierzehnten, die vierten im ſechszehnten bis achtzehnten, die fünften endlich im achtzehnten bis dreißigſten Lebensjahre oder gar nicht. Nach J. F. Meckel wechſelt die Frau ihre Zähne nicht nur ſpäter, ſondern manche Milchzähne können das ganze Leben hindurch verharren, ohne daß ſie durch Erſatzzähne ergänzt werden.

Die nächſte wichtige Reform bildet die Pubertätszeit, welche ſich 1718
keineswegs bloß auf Veränderungen der Geſchlechtswerkzeuge beſchränkt, ſondern auch auf viele andere Organe ausdehnt. Sie tritt im Durchſchnitte bei dem Manne um das funfzehnte bis ſiebzehnte Lebensjahr ein, kann ſich jedoch auch bei ſüdlichen Völkern oder Nationen, die aus wärmeren Klimaten ſtammen, ſo wie bei ſehr kräftigen aufgeregten Individuen früher entwickeln. Während das Skelett und die Muskulatur ſtärker und die Bruſt breiter werden, die Barthaare mehr hervorwachſen und die Behaarung des Schamberges zunimmt, zeigt ſich die Brechung der Stimme als das auffallendſte äußere Merkmal. Der feine hohe Ton, der Discant verſchwindet; es werden nur rauhe Töne während der Uebergangsperiode hervorgebracht, und die Fähigkeit des Geſanges geht für einige Zeit verloren. Der Kehlkopf vergrößert ſich indeß ſehr raſch, tritt am Halſe ſtärker hervor und erlangt erſt jetzt ſeine vorzüglichſten Unterſcheidungsmerkmale von dem der Frau. Die Stimme wird dadurch kräftiger, voller und geht in Tenor oder Baß über. Der Ausdruck des Geſichtes wird männlicher, die Haltung feſter, der Charakter energiſcher und der Ideengang ſelbſtſtändiger. Die Hoden vergrößern ſich, erhalten auch wahrſcheinlich ſtärkere Samencanälchen und bereiten ächten mit Spermatozoen verſehenen Samen. Der Jüngling gewinnt eine größere Neigung zum weiblichen Geſchlechte und wird auch bald durch nächtliche Pollutionen von der Veränderung ſeiner Zeugungstheile benachrichtigt.

Bleibt dieſe Entwickelung aus oder kommt ſie nur auf unvollkommene Weiſe zu Stande, ſo iſt nicht bloß Impotenz und ein geringeres Wohlgefallen an Frauen die Folge derſelben, ſondern auch die Stimme erreicht nicht ihre gehörige Entwickelung. Sie iſt dann bei Männern, die oft ſehr groß ſind und eine ſehr ſtarke Entwickelung ihres Skelettes darbieten, fein, wie bei einem Kinde, oder rauh und ſpringt aus hohen Fiſtel- in die tiefſten Baßtöne über. Fehlen die Hoden, ſo mangelt auch die Pubertätsentwickelung. Sie erſcheint dagegen bei noch ſo mißbildeten äußeren Geſchlechtstheilen, ſobald ſich nur normale Teſtikel in dem Hodenſacke oder der Bauchhöhle befinden. Daher z. B. mehr als ein Mal Hypospadiaei, die irriger Weiſe für Frauen gehalten wurden, ihr wahres Geſchlecht durch ihre nach der Pubertätszeit eingetretenen ſexuellen Neigungen zu erkennen gegeben haben.

Wie die Steifungen des Gliedes und die durch Reizung der Eichel bedingten Wolluſtgefühle vor der Geſchlechtsreife zu Stande kommen können, ſo iſt keineswegs auch das Laſter der Onanie an dieſe gebunden. Gerade die traurigſten Folgen derſelben entſtehen bei Perſonen, welche ſie ſchon in ihrer Kindheit getrieben, während häufig Leute,

die erſt nach ihrer Pubertätsperiode die Selbſtbefleckung vornahmen, geringere oder gar keine Folgen derſelben verſpüren.

1719 Die Geſchlechtsreife der Frau giebt ſich durch den Eintritt der Regeln zu erkennen. Während das Mädchen bis jetzt ſchlanker und dem Knaben in ſeinen allgemeinen Körperformen ähnlicher war, wird jetzt ihr Becken weiter und ihr Kreuzbein mehr nach hinten gedrängt. Die Hüften verbreitern ſich, der unterſte Theil des Rückens tritt mehr hervor, die geſammte Lendengegend und der Körper erſcheinen überhaupt voller. Die Geſichtszüge werden edler, und die wahre weibliche Schönheit bildet ſich erſt vollkommen aus. Die Brüſte werden größer und gerundeter. Die Stimme bricht ſich zwar bisweilen ebenfalls, allein der Uebergang iſt oft unmerklich. Die Töne bleiben feiner und zarter, gewinnen aber an Kraft, Rundung und Annehmlichkeit. Indeß treten häufig die Katamenien ohne alle Beſchwerden ein und überraſchen die Jungfrau plötzlich. Oft gehen ihnen Kopfſchmerzen oder Zeichen anderer Congeſtionen, ein Gefühl von Wärme im Becken, unangenehme Empfindungen im Kreuze, Koliken u. dgl. voraus. Dieſe Beſchwerden fallen dann bei geſunden Mädchen bei der ſpäteren Wiederkehr der Periode hinweg.

1720 Der erſte Eintritt der Regeln iſt gleich dem der Mannbarkeit nach der Verſchiedenheit des Klima und der Nationen verſchieden. Die Frauen ſüdlicher Stämme menſtruiren im Allgemeinen früher als die nördlicher, und dieſe Eigenthümlichkeit erhält ſich ſogar noch mehr oder minder, wenn Völker, die aus wärmeren Klimaten ſtammen, ſchon Jahrhunderte lang unter nördlichen Zonen gewohnt haben. Die Katamenien treten häufig ſchon zu acht Jahren bei den Eingeborenen der Tropenländer oder ihnen naheliegender Gegenden, wie z. B. in Arabien, ein. Lebrun fand unter 100 Jüdinnen in Warſchau 12, die mit 13 Jahren menſtruirt wurden, während ſich nur ein Fall der Art unter der gleichen Zahl von Katholiken ſlaviſcher Race darbot. Es giebt, wie es ſcheint, unter allen Zonen Individuen, die ſehr früh, und andere, die ſehr ſpät ihre Periode bekommen, ſo daß die Grenzen der Variabilität in dieſer Hinſicht einen großen Spielraum beſitzen. Einzelne Mädchen bekommen z. B. ſchon zu 11 Jahren ihre Regeln in den Umgebungen von Chriſtiania, während ſie anderſeits bisweilen auf Jamaika bei Negerinnen von 19 Jahren mangeln. Allein die Durchſchnittswerthe, welche man aus einer größeren Reihe von Beobachtungen erhält, weichen nicht ſelten ſchon nach geringeren Breitenunterſchieden des Aufenthaltsortes ſichtlich ab. Hierfür ſpricht wenigſtens folgende von Raciborski[1]) gelieferte Tabelle, bei welcher die Mittel von meiſtentheils oder mindeſtens 100 Einzelerfahrungen herſtammen.

---

[1]) M. A. Raciborski De la puberté etc. Paris, 1844. p. 17.

Ort.	Geographiſche Breite.	Mittlere Jahres-wärme.	Durchſchnittsalter der erſten Regeln.
Toulon.	43°	+ 15°	14,081
Marſeille.	43°	+ 15°	14,015
Lyon.	46°	+ 11°,6	14,492
Paris.	49°	+ 10°,6	14,465
Göttingen.	51°,5	+ 8°,0	16,038
Warſchau.	52°	+ 9°,2	15,083
Mancheſter.	53°	+ 9°,6	15,191
Skeen in Norwegen.	59°	+ 6°,0	15,450
Stockholm.	59°	+ 5°,7	15,590
Schwediſches Lappland.	65°	+ 4°,0	18,00

Man ſieht zugleich hieraus, daß die Katamenien in den Mittelländern Europas zu 14 bis 16 Jahren durchzubrechen pflegen. Ihr Erſcheinen nach dem 20ſten Jahre gehört überall zu den ſelteneren Fällen und beruht wahrſcheinlich auf vorangegangenen Krankheitsverhältniſſen.

Wie bei dem Manne die Amputation des Gliedes die Geſchlechtsbegierde nicht beeinträchtigt, die Ausrottung der Hoden dagegen die Pubertätsentwickelung im ganzen Körper hemmt, ſo findet etwas Aehnliches bei dem weiblichen Geſchlechte Statt. Der Mangel der Regeln hindert nicht nothwendig die Ausbildung der übrigen Eigenthümlichkeiten der Frau. Dagegen haben die orientaliſchen weiblichen Eunuchen weder bedeutend entwickelte Brüſte, noch einen ſtärkeren Hals. Ihre Lendengegend iſt ſchmal wie bei dem Manne, und ihr Schaamberg beſitzt keinen gekräuſelten Haarwall. Die Geſchlechtstheile bieten ein geringeres Fettpolſter dar. Ihre Statur und Stimme hat etwas Männliches. Aehnliche Erſcheinuugen zeigen ſich nicht ſelten bei den ſogenannten Mannweibern. Auch ſie ſind meiſtens von verhältnißmäßig athletiſcher Conſtitution, haben eine tiefe Tenorſtimme, zeigen eine ſtärkere Entwickelung der bei der Frau ſo zarten Oberlippenhaare, welche ſonſt nur bei geſchlechtig ſehr lebhaften oder ſehr energiſchen Frauen ſtärker ausgebildet ſind, oder bieten ſelbſt vollkommene Backenbarthaare dar. Ihr ganzes Auftreten hat mehr die Energie des Mannes, als das Zarte, Hingebende, Gemüthliche des Weibes. Die geſchlechtigen Neigungen mangeln oder ſind unnatürlich.

Während die Jungfrau mit dem Eintritte ihrer monatlichen Reinigung 1721
oder richtiger mit dem Erſcheinen der periodiſchen Congeſtion noch ihren Geſchlechtsorganen die Befähigung erlangt, Mutter zu werden, verändern ſich auch ihre Geſchlechtstheile in Folge der Ausübung des Coitus. Das Hymen verſchwindet in der Regel, jedoch nicht immer, und die Carunculae myrthiformes entwickeln ſich ſtärker. Die Vaginalportion erſcheint geründeter und hat zwei gleich lange Muttermundlefzen, während ſonſt bei der Jungfrau die vordere ungefähr zwei Linien tiefer herabzuhängen pflegt. Der Muttermund bildet keine feine Querſpalte mehr, ſondern iſt etwas breiter querelliptiſch geworden. Die großen Schamlefzen ſtehen mehr von einander, während die blaſſen Nymphen zwiſchen ihnen hervorragen. Jedoch können auch ebenfalls die meiſten dieſer Zeichen durch Krankheiten der Geſchlechtswerkzeuge und vorzüglich durch Selbſtbefleckung hervorge-

rufen ſein, ſo daß ein ſicheres Urtheil in einzelnen kritiſchen Fällen in hohem Grade erſchwert wird.

1722 Hat die Frau früherhin ein oder mehrere Male geboren, ſo finden wir außer den eben erwähnten Merkmalen der Defloration, daß die Umgebungen des Muttermundes eingezogene linienförmige, von wulſtigen Hervorragungen begrenzte Narben darbieten. Sie rühren von dem Einreißen der Umgebungen des Orificium uteri während der Krönung her und können daher auch, wenn eine Frühgeburt Statt gefunden, mangeln. Unterſtützende Kennzeichen ſind Einriſſe am Damme, Blutaderknoten an den Schenkeln, den Schamlefzen, Schwäche der Urinentleerung, örtliche Verhärtungen und Schlaffheit der Brüſte, Narben an den Warzen derſelben und eine größere Dicke des Halſes. Jedoch finden ſich dieſe Symptome nur dann, wenn nicht ganz normale Schwangerſchaften oder Geburten vorangegangen, und können auch durch einzelne Krankheiten veranlaßt worden ſein.

1723 Während der Mann, wenn er kräftig bleibt, mit Spermatozoen verſehenen Samen bis in ſein höchſtes Alter abſondern kann und nicht ſelten Beiſpiele vorkommen, in denen noch alte Leute von nahe an 90 bis 100 Jahren Kinder erzeugten, iſt dieſes bei der Frau nicht der Fall. Sie hat ihre Revolutionsperiode, d. h. einen Zeitabſchnitt ihrer normalen Entwickelung, in welchem ſich die geſchlechtigen Thätigkeiten zurückbilden und hierbei wiederum ihr ganzer Organismus weſentliche Veränderungen erleidet. Die Katamenien werden ſparſamer, ſind weniger roth gefärbt, werden ſchleimiger und hören endlich ganz auf, oder es gehen ihrem Verſchwinden heftigere unregelmäßigere Blutflüſſe aus den Genitalien voran. Die Brüſte werden ſchlaffer. Die Athmung erleidet die §. 1729 noch zu erwähnenden Veränderungen. Die Geſichtszüge werden älter, die Haut des Antlitzes faltiger und blaſſer, und die Phyſiognomie der Frau nimmt das Gepräge des Matronenausdruckes an. Frauen, die viele gröbere Handarbeit machen, z. B. Landmädchen, verblühen zwar häufig ſchon weit eher und zwar vorzüglich nach dem erſten oder zweiten Wochenbette. Blondinen erhalten ſich bisweilen bis in die dreißiger Jahre ſehr gut und altern dann nicht ſelten binnen wenigen Jahren oder Monaten in auffallendem Maaße. Allein immer erfährt der Geſammtausdruck zur Zeit der Revolution ſtärkere Eingriffe und wird oft da am merklichſten, wo die Natur bisher den glücklichſten Widerſtand geleiſtet hat. Jener Zeitabſchnitt iſt noch inſofern gefährlich, als in ihm leicht die bedeutendſten organiſchen Leiden durchbrechen. Gleich wie nicht ſelten Beſchwerden, wie Augenentzündungen, Skrophuloſis u. dgl. mit dem Eintritte der Menſtruation oder der Ausübung der ehelichen Pflichten ſchweigen, ſo werden leicht Frauen, bei denen dieſes früher der Fall war, die Jahre lang in Gram und Kummer lebten, zur Zeit ihrer Revolution von Entartungen der Eierſtöcke, fibröſen Geſchwülſten oder Krebs der Gebärmutter und vorzüglich von Skirrhus und Carcinom der Brüſte heimgeſucht. Der durch die natürliche Geſchlechtsthätigkeit unterdrückte Keim ſolcher Krankheiten bricht dann deſto verderblicher hervor.

Der Eintritt der Rückbildung der Katamenien ſcheint mit dem erſten 1724
Auftreten derſelben in Verbindung zu ſtehen. Wenigſtens kommt jene in ſüdlichen Klimaten nicht ſelten ſchon im dreißigſten Jahre und noch früher zu Stande, während ſie erſt in nördlichen Gegenden zwiſchen 40 und 50 Jahren und ausnahmsweiſe auch noch ſpäter aufzutreten pflegt.

Die natürliche Verbindung beider Geſchlechter wird meiſtentheils nicht 1725
ungeſtraft vernachläſſigt. Bleibt auch der alte Junggeſelle körperlich geſunder, ſo macht ihn doch häufig ſeine Iſolirung zum Sonderling und Miſanthropen und erweckt ſelbſt in ihm unnatürliche Gelüſte, wie ſie bei alten Jungfern häufiger vorkommen. Nur die unabläſſige Verfolgung eines höheren geiſtigen Strebens kann ihn von dieſen ſonſt nothwendigen Anomalien erretten. Die Frau zeigt in dem gleichen Falle eine weit größere Verſtimmung ihres Nervenſyſtems. Ihr Hyſterismus zerrüttet dann ihre zartere Organiſation früher und leichter. Sie altert eher, wird eben ſo ſonderbar als der Junggeſelle, weiß aber dieſen Fehler beſſer bei ihrem größeren Zartgefühle zu verbergen. Eine widerliche Neigung zu manchen Hausthieren, vorzüglich zu Hunden oder Katzen, bricht nicht ſelten auffallend durch, und reine materielle Genußſucht, oder umgekehrt eine geiſtige Schwäche, welche leicht zu religiöſen Schwärmereien überführt und die in gleicher Art bei früher ſehr abgelebten Frauen wiederkehrt, charakteriſirt das unglückliche Verhältniß. Auch hier hütet nur ein höheres geiſtiges Streben vor ſolchen Klippen, die als Folge der Störung des natürlichen Ganges der Dinge erſcheinen.

Das höhere Alter charakteriſirt ſich bei beiden Geſchlechtern da- 1726
durch, daß die verſchiedenen Thätigkeiten des Körpers, obgleich ſie auf normale Weiſe von Statten gehen, ſchwächer werden und daher auch der ganze Organismus an Maſſe und Kraft verliert, mehr äußere Pflege nöthig hat und ſtörenden Einflüſſen leichter unterliegt. Das überſchüſſig abgelagerte Fett wird nach und nach aufgezehrt, ſo daß die Haut an vielen Stellen Falten wirft und vorzüglich im Geſichte zahlreiche Runzeln hervortreten. Die Haare ergrauen und fallen oft zu einem großen Theile aus. Die Zähne gehen nach und nach verloren, die Alveolen verſchwinden, die Zahnfleiſchränder werden ſcharf und dienen zum Kauen. Indem ſie aber leicht unvollkommen wirken, bilden ſich bisweilen Indigeſtionen und deren Folgen aus. Urin und Stuhl werden ſparſamer, der Appetit und der Schlaf verſchwinden mehr und mehr. Der Körper friert bei der geringſten Gelegenheit und bedarf daher des Schutzes durch Kleider und der äußeren Wärme in höherem Grade. Es lagern ſich leicht Kalkmaſſen ab. Es verknöchern daher nicht ſelten der Kehlkopf, die Klappen des Herzens, die Schlagadern. Jedoch bleiben in der Regel die Rippenknorpel elaſtiſch und nachgiebig. Die Knochen nehmen mehr Aſchenbeſtandtheile auf, werden dadurch härter und ſpröder und brechen bei ſonſt geringer Veranlaſſung. Es entſtehen bisweilen Augenentzündungen. Die Hornhaut umgiebt ſich mit einem weißlichen Ringe, dem ſogenannten Arcus senilis s. Gerontoxon; das Gehör leidet hin und wieder. Eine zu reichliche Schleimabſonderung der Lungen veranlaßt oft anhaltenden Huſten, während die

Haut pergamentartig trocken iſt. Nicht ſelten ſtellen ſich Waſſerſucht, Fußgeſchwüre, kalter Brand und dgl. ein. Die Muskeln ziehen ſich zwar nach dem Befehle des Willens zuſammen, allein ſie verlieren den ſie fortwährend begleitenden Tonus und die Größe ihrer früheren Energie. Die Geſichtszüge erſchlaffen daher, die Unterlippe hängt mehr oder minder herab, der Rücken beugt ſich, die Hände zittern, der ganze Gang wird nicht nur langſamer, ſondern auch ſchlotternder und unſicherer. Die Subſtanzverminderung des Auges bedingt Weitſichtigkeit. Die Geiſteskräfte erlahmen. Der Menſch hat mehr Intereſſe an ſeinen materiellen Nahrungsverhältniſſen, als an höheren geiſtigen Problemen. Manche alte Leute behalten ihre Intelligenz bis zum Tode bei. Andere dagegen werden ſtumpfſinniger und endlich kindiſch. Daß dieſes bei den ausgezeichnetſten Köpfen vorkommen könne, lehren Newton, Linné und Kant.

1727 In ſeltenen Fällen erwachen im höchſten Alter einzelne periodiſche Thätigkeiten der früheren Zeit. Es brechen noch Zähne durch, oder es zeigt ſich ein von Zeit zu Zeit wiederkehrender menſtruationsähnlicher Blutfluß.

1728 Indem nun die Thätigkeiten immer mehr abnehmen, erliſcht endlich das Leben bei der geringſten krankmachenden Veranlaſſung. Das höchſte mögliche Alter ſcheint ungefähr 150 bis 160 Jahre zu ſein. Der von Harvey unterſuchte Thomas Parre wurde 152 Jahre alt und hatte bis zu ſeinem 130ſten Jahre das Feld bebaut und bis zu ſeinem 140ſten die Begattung vollzogen [1]).

1729 Was die Veränderungen der einzelnen Functionen im Laufe des nachembryonalen Lebens betrifft, ſo kennt man bis jetzt nur mit Sicherheit einzelne der unmittelbaren Anſchauung ſich darbietende Erſcheinungen, dagegen wenige Zahlendata, welche einzig und allein beſtimmte Geſetze in dieſer Beziehung zu begründen im Stande ſind. Wir haben ſchon früher geſehen (§. 385), daß die Zahl der Pulsſchläge und der Athemzüge bei dem Neugeborenen am größten iſt, ſpäter immer abnimmt und ungefähr um das funfzehnte Lebensjahr ihre ſtätigen Verhältniſſe erreicht. Während nach Elſäſſer die Nabelſchnur des Neugeborenen im Mittel aus 21 Beobachtungen 144,33 Mal pulſirt, beträgt die Zahl der Pulsſchläge im funfzehnten Jahre durchſchnittlich 69,5 in der Minute. Eben ſo athmet in derſelben Zeit der Neugeborene ungefähr 44, der funfzehnjährige dagegen 20 Mal in der Minute [2]). Obgleich die Menge der Athemzüge im Kindesalter relativ größer iſt und dann überhaupt verhältnißmäßig mehr reſpirirt wird, ſo ſteigt doch die abſolute Quantität der ausgeſchiedenen Kohlenſäure mit den Jahren, bis ſie ungefähr nach Ablauf des erſten Drittheils oder der Hälfte des Lebens ihren Culminationspunkt erreicht. Nach Andral und Gavarret [3]) vergrößert ſie ſich fortwährend von 8 bis 30 Jahren, bleibt zwiſchen 30 und 40 ſtetig oder ver-

---

[1]) C. F. Burdach a. a. O. Bd. III. 426.

[2]) A. Quetelet Ueber den Menschen und die Entwickelung seiner Fähigkeiten. Deutsch bearbeitet von A. Riecke. Stuttgart, 1838. 8. S. 395.

[3]) Comptes rendus de l'Académie des sciences. Tome XVI. Paris, 1843. 4. p 116. 117.

mindert ſich ſelbſt dann ſchon in geringem Maaße, verkleinert ſich noch auffallender zwiſchen 40 und 50 und ſinkt von 50 Jahr an immer mehr (§. 432). Während ſich aber dieſe Norm bei dem Manne rein ausſpricht, bedingen die Geſchlechtsverhältniſſe der Frau eine Störung derſelben. Die Kohlenſäureausſcheidung des Mädchens nämlich wächſt bis zur Pubertätszeit gleich der des Knaben, ſteht aber, ſo wie die Regeln eintreten, ſtill und erhält ſich auf dieſer niederen Stufe bis zur Revolutionsepoche. Der Mann z. B. liefert bis zu 15 Jahren eine mittlere ſtündliche Menge von 7,4 Grm. verbrannten Kohlenſtoffes und zwiſchen 15 und 40 Jahren 11,3 Grm., die Frau dagegen in demſelben Alter nur 6,4 Grm., d. h. eben ſo viel, wie ſie als noch nicht menſtruirendes Mädchen darbot. Tritt aber die Revolution ein, ſo hebt ſich dieſer Werth zwiſchen 40 und 50 Jahren auf 8,4 Grm., ſinkt jedoch dann wieder zwiſchen 50 und 60 auf 6,8 Grm. und zu 82 Jahren auf 6,0 Grm. Eben ſo ſteigt ſie während der Schwangerſchaft, hält ſich dann durchſchnittlich zwiſchen 7,5 und 8,4 Grm. und erhöht ſich auch in gleicher Weiſe, wenn aus irgend einem Grunde die Regeln ausbleiben. Einzelne andere hierher gehörende Veränderungen wurden ſchon §. 572 angeführt.

Die Schwankungen, welche die Geſammtmaſſe des Körpers von der 1730
Geburt bis zum höchſten Alter erfährt, laſſen ſich wenigſtens in ihren allgemeinſten Grundzügen überblicken, wenn wir die relativen Maſſenveränderungen aus der Quetelet'ſchen mittleren Gewichtstabelle des Menſchen berechnen. Wir erhalten alsdann folgende Ueberſicht:

Jahre.	Männliches Geſchlecht.			Weibliches Geſchlecht.		
	Mittleres Körpergewicht in Kilogr.	Proportionelle Maſſenveränderung.		Mittleres Körpergewicht in Kilogr.	Proportionelle Maſſenveränderung.	
		in Verhältniß zum Neugeborenen.	Wachsthumszahl.		in Verhältniß zum Neugeborenen.	Wachsthumszahl.
0	3,20	1,000	—	2,91	1,000	—
1	9,45	2,953	+ 1,960	8,79	3,021	+ 2,020
2	11,34	3,544	+ 0,200	10,67	3,667	+ 0,214
3	12,47	3,897	+ 0,099	11,79	4,052	+ 0,105
4	14,23	4,447	+ 0,141	13,00	4,467	+ 0,103
5	15,77	4,928	+ 0,108	14,36	4,935	+ 0,105
6	17,24	5,388	+ 0,093	16,00	5,498	+ 0,115
7	19,10	5,969	+ 0,108	17,54	6,028	+ 0,096
8	20,76	6,488	+ 0,087	19,08	6,557	+ 0,087
9	22,65	7,078	+ 0,091	21,36	7,340	+ 0,119
10	24,52	7,663	+ 0,082	23,52	8,083	+ 0,101
11	27,10	8,469	+ 0,105	25,65	8,815	+ 0,090
12	29,82	9,319	+ 0,100	29,82	10,246	+ 0,162

Jahre.	Männliches Geſchlecht.			Weibliches Geſchlecht.		
	Mittleres Körpergewicht in Kilogr.	Proportionelle Maſſenveränderung. in Verhältniß zum Neugeborenen.	Proportionelle Maſſenveränderung. Wachsthumszahl.	Mittleres Körpergewicht in Kilogr.	Proportionelle Maſſenveränderung. in Verhältniß zum Neugeborenen.	Proportionelle Maſſenveränderung. Wachsthumszahl.
13	34,38	10,744	+ 0,153	32,94	11,320	+ 0,104
14	38,76	12,113	+ 0,127	36,70	12,612	+ 0,114
15	43,62	13,631	+ 0,125	40,37	13,872	+ 0,100
16	49,67	15,522	+ 0,138	43,57	14,973	+ 0,079
17	52,85	16,516	+ 0,064	47,31	16,258	+ 0,083
18	57,85	18,078	+ 0,095	51,03	17,536	+ 0,078
20	60,06	18,769	+ 0,038	52,28	17,966	+ 0,024
25	62,93	19,666	+ 0,048	53,28	18,310	+ 0,019
30	63,65	19,891	+ 0,011	54,33	18,670	+ 0,019
40	63,67	19,897	+ 0,0003	55,23	18,980	+ 0,016
50	63,46	19,831	— 0,003	56,16	19,299	+ 0,017
60	61,94	19,357	— 0,024	54,30	18,660	— 0,033
70	59,52	18,600	— 0,039	51,51	17,701	— 0,051
80	57,83	18,072	— 0,028	49,37	16,966	— 0,041
90	57,83	18,072	0,000	49,34	16,955	— 0,0007

Der mittlere Menſch, der ſein größtes Körpergewicht zwiſchen 40 und 50 Jahren erreicht, iſt alſo dann 19 bis 20 Mal ſo ſchwer als der Neugeborene. Die Wachsthumszahl, d. h. die Differenz zweier unmittelbar auf einander folgender Werthe der Körpergewichte getheilt durch den des jüngeren Lebensjahres beider hat ihr Maximum im erſten Lebensjahre. Die Subſtanz, welche das Kind dann anſetzt, beträgt das Doppelte des Gewichtes des Neugeborenen. Die Wachsthumszahl ſinkt aber ſchon im zweiten Lebensjahre auf $^1/_5$, ſchwankt häufig bei dem Manne bis zu 17 und bei der Frau bis zu 15 Jahren zwiſchen $^1/_{10}$ und $^1/_5$, verkleinert ſich jedoch auch hier zu einzelnen Zeiten in bedeutenderem Maaße, vermindert ſich ſpäter noch mehr und wird endlich von 50 bis 60 Jahren an negativ, überſteigt aber nie bei ihrem Fallen den verhältnißmäßig geringen Werth von $^1/_{20}$.

1731 Die Statiſtik der menſchlichen Verhältniſſe bildet einen Nebenzweig der Phyſiologie, welcher auf eine überraſchende Weiſe die unbeugſame Geſetzmäßigkeit, die Alles durchdringt, nachweiſt. Viele Erſcheinungen nämlich machen auf uns den Eindruck des Zufalls, weil ſie unſer Blick nur als Einzelnheiten auffaßt, ungefähr wie wir nach einem von Carus gebrauchten paſſenden Vergleiche bloße unzuſammenhängende Farbenſtriche bei einem in der Nähe betrachteten Oelgemälde wahrnehmen. Wir würden z. B., wenn wir nur unſere alltäglichen Erfahrungen ins Auge faſſen, nicht glauben, daß eine beſtimmte Regel für die Geburt von

Knaben oder Mädchen exiſtirt. Stellen wir dagegen Tauſende von Geburtsfällen zuſammen, ſo zeigt ſich nicht nur, daß überall mehr Knaben als Mädchen das Licht der Welt erblicken, ſondern ſich auch meiſtentheils das Verhältniß der erſteren zu den letzteren wie 21 bis 22 zu 20 regulirt. Solche Zahlenreſultate treten immer beſtändiger auf, je mehr Einzelerfahrungen ihrer Berechnung zum Grunde gelegt werden können. Während eine geringe Menge derſelben Schwankungen und Irrthümer ſehr leicht erzeugt, liefern bedeutende Größen der Art Ergebniſſe, welche auf die merkwürdigſte Weiſe wiederkehren.

Solche ſtatiſtiſche Unterſuchungen können ſich auf zweierlei verſchie- 1732
dene Verhältniſſe erſtrecken. 1) Auf die einzelnen Thätigkeiten des menſchlichen Körpers ſelbſt und ihre Beziehungen zu gewiſſen äußeren, vorzüglich in beſtimmten Zeiträumen wiederkehrenden Einflüſſen und 2) auf den großen Umſatz der menſchlichen Geſellſchaft überhaupt, wie z. B. die Geburten und Todesfälle, die Fort- und Rückſchritte eines Volkes nicht bloß in materieller, ſondern auch in geiſtiger Beziehung. Denn ſelbſt die letzteren Erſcheinungen ſind wahrſcheinlich der bindenden Gewalt numeriſcher Beſtimmungen im großen Ganzen unterworfen.

Der geſammte Ernährungsproceß unterliegt vermuthlich beſtimmten pe- 1733
riodiſchen Schwankungen (§. 142). Sie kommen bei einzelnen Thätigkeiten, wie z. B. der Menſtruation (§. 1646) und unter manchen krankhaften Verhältniſſen, z. B. bei den Wechſelfiebern und zum Theil den Anfällen von Epilepſie, in ſo auffallendem Maaße zum Vorſchein, daß ſie bei der unmittelbaren Beobachtung in die Augen fallen. Schon die älteſten Aerzte ſuchten auch den Verlauf der meiſten acuten Krankheiten, vorzüglich der Fieber nach gewiſſen Tagesreihen zu beſtimmen. Allein hier wie bei vielen anderen Anſichten der Art muß eine um ſo ſtrengere Kritik angewendet werden, je mehr die Phantaſie und der Aberglaube zu ähnlichen Behauptungen Veranlaſſung gegeben hat. Die bisherigen, die normalen Functionen betreffenden Kenntniſſe liefern auch noch keine ſicheren Ueberſichten, welche die Annahme unbezweifelbarer Geſetze geſtatteten. Nur Schweig [1]) glaubte in neuerer Zeit durch Unterſuchungen ſeines eigenen Urins, welche im Winter vorgenommen worden, nachzuweiſen, daß eine Verminderung der Harnſäure bei Sonnenaufgang und Sonnenuntergang Statt findet und die Abſetzung derſelben einen cykliſchen, nach 6 Tagen wiederkehrenden Gang beſchreibt. Sie verringert ſich ferner immer nach dieſem Forſcher vor der größten Erdnähe und dem Maximum der Entfernung des Mondes. Vor und nach der letzteren aber erſcheint ſie in größerer Menge als vor und nach der Erdnähe. Die ſtündlichen Schwankungen der Harnbeſtandtheile werden ſich aber deshalb ſehr ſchwer ermitteln laſſen, weil ſich der Urin längere Zeit vor ſeiner Entleerung in der Blaſe anſammelt und ſelbſt hier wahrſcheinlich noch Dichtigkeitsveränderungen erleidet.

Da die Statiſtik der ſocialen Verhältniſſe eine eigene ausgedehnte 1734

---

[1]) G. Schweig Untersuchungen über periodische Vorgänge im gesunden und kranken Organismus des Menschen. Karlsruhe, 1843. 8. S. 31 fgg.

Wiſſenſchaft bildet, ſo können hier nur einzelne allgemeinere Reſultate derſelben kurz angedeutet werden. So z. B. befördern zu frühzeitig geſchloſſene Ehen die Unfruchtbarkeit oder begünſtigen die Erzeugung von Kindern, welche eine geringere wahrſcheinliche Lebensdauer beſitzen. Die größte Fruchtbarkeit aber findet Statt, wenn ſich der Mann vor 33, die Frau vor 26 Jahren verheirathet und jener wenigſtens eben ſo alt oder einige Jahre älter als dieſe iſt. Die Zahl der Kinder, welche durchſchnittlich aus einer Ehe hervorgehen, nimmt im Allgemeinen von Norden nach Süden zu. Sie beträgt z. B. in Schweden (nach Abzug der Unehelichen) 3,62, in Flandern und der Picardie 4,00, in der Dauphiné, Languedoc und der Provence 4,34 und in Portugal 5,10. Jedoch können auch Nebenverhältniſſe alle klimatiſchen Unterſchiede in dieſer Beziehung verwiſchen (Benoiſton de Chateauneuf). Einflußreicher dagegen ſcheint das Alter zu ſein, in welchem ſich die Eltern verheiratheten. War z. B. in England der Vater weniger als 25 Jahre alt, ſo betrug der Durchſchnittswerth der Kinder 5,11; bei 26—36 Jahren deſſelben 4,43 und bei mehr als 36 Jahren 2,84. Für weniger als 25 Jahre der Mutter ergaben ſich 5,13; für 26—36 Jahre 3,49 und für mehr als 36 Jahre 2,89 Kinder (Sadler u. Quetelet). Die Fruchtbarkeit der Ehen iſt auch meiſtentheils in ſolchen Ländern, wo ihre Zahl bedeutender ausfällt, geringer. Die Ehen ſelbſt aber vermehren ſich, ſo wie die Sterblichkeit zunimmt.

1735 Die Geburten hängen nicht bloß von den eben erwähnten Momenten, ſondern auch in bedeutendem Maaße von Außenverhältniſſen ab. Sie nehmen in Jahren der Theurung und Noth ſichtlich ab und werden dann zum Erſatze in der Folgezeit oder nach Kriegen deſto zahlreicher. Was die Geſchlechter betrifft, ſo gilt es als allgemeines Geſetz, daß mehr Knaben als Mädchen zur Welt kommen. Das Verhältniß beider zu einander iſt meiſt auffallend beſtändig. Dieſes erhärtet z. B. die nachfolgende vorzüglich nach Bickes entworfene Tabelle, deren Grundberechnungen 70 Millionen Menſchen umfaſſen:

Staaten oder Provinzen.	Zahl der Knaben auf 100 Mädchen.	Staaten oder Provinzen.	Zahl der Knaben auf 100 Mädchen.
Rußland.	108,91	Preußiſcher Staat im Ganzen.	105,94
Lombardei.	107,61	Desgl. von 1820 bis 1835.	105,97
Mecklenburg.	107,07	Weſtphalen u. Rheinpreußen.	105,86
Frankreich.	106,55	Würtemberg.	105,69
Desgl. von 1817 bis 1831.	106,38	Oſtpreußen und Poſen.	105,66
Holland und Belgien.	106,44	Böhmen.	105,38
Brandenburg und Pommern.	106,27	Großbrittanien.	104,75
Königreich beider Sicilien.	106,18	England und Wales.	104,35
Oeſterreich.	106,10	Schweden.	104,62
Schleſien u. preußiſch Sachſen.	106,05	Mittel für Europa.	106,00

Wir haben alſo als Minimalverhältniß 104,35 : 100 = 20,87 : 20 und als Maximalproportion 108,91 : 100 = 21,78 : 20. So beſtändig aber auch dieſe Proportionen erſcheinen, ſo zeigen ſich doch auch weſentliche Ausnahmen von ihnen. Die jüdiſche Bevölkerung des preußiſchen Staates nämlich ergab z. B. von 1820 bis 1835 auf 100 Mädchen 111,21 Knaben (Hoffmann) und die in Livorno zeigte ſogar auf 100 der Erſteren 121 der Letzteren. Umgekehrt trafen am Kap unter der Sclavenbevölkerung auf 100 Knaben nur 103,89 Mädchen und unter den Freien auf 100 Neugeborene männlichen bloß 102,80 weiblichen Geſchlechtes.

Selbſt die ausnahmsweiſe vorkommenden Mehrlingsgeburten zeigen im Großen beſtimmte Normen. Es kamen z. B. in Preußen nach Hoffmann auf 100 Geburten:

im Jahre 1826 — 101,15 Kinder		im Jahre 1831 — 101,17 Kinder	
» » 1827 — 101,14 »		» » 1832 — 101,25 »	
» » 1828 — 101,16 »		» » 1833 — 101,23 »	
» » 1829 — 101,20 »		» » 1834 — 101,25 »	
» » 1830 — 101,14 »			

Das Uebergewicht der Knaben gleicht ſich zunächſt ſchon zum Theil 1736
dadurch aus, daß eine größere Zahl von ihnen todt zur Welt kommt. Die der Todtgeborenen männlichen Geſchlechtes verhielt ſich z. B. zu der des weiblichen in Amſterdam von 1821 bis 1833 wie 131,19 : 100 und in Paris von 1823 bis 1833 wie 122,56 : 100. Ueberdies ſterben im erſten Lebensjahre weit mehr Knaben als Mädchen. Das Verhältniß betrug z. B. in Weſtflandern in den Städten = 133 : 100, auf dem platten Lande = 142 : 100; und in Preußen von 1820 bis 1835 wie 116,07 : 100. In Belgien iſt dann die Mortalität um das Alter von zwei Jahren bei beiden Geſchlechtern faſt gleich. Später nimmt die der weiblichen Individuen bedeutend zu und wird zwiſchen 14 und 18 Jahren am ſtärkſten. Sie erſcheint aber umgekehrt zwiſchen 21 und 26 Jahren bei den Männern größer, gleicht ſich zwiſchen 26 und 30 wieder aus, vermehrt ſich darauf bei den Frauen, verringert ſich aber nach der Revolution und bietet endlich im höheren Alter keinen Unterſchied der Geſchlechter dar.

Die oben angeführten bedeutenden Durchſchnittszahlen der Kinder 1737
würden eine ſehr große Vermehrung der Bevölkerung bedingen, wenn nicht der Tod eine ſo reiche Ernte in den zarten Kindesjahren vornähme. So ſtirbt z. B. in Belgien der zehnte Theil der Kinder im erſten Lebensmonate wieder hinweg. Ungefähr $\frac{1}{40}$ unterliegt im zweiten Monate und nur faſt eben ſo viel während des zweiten und dritten Jahres. Die größte Gefahr erhält ſich bis zu fünf Jahren, ſo daß dann das Kind die längſte wahrſcheinliche Lebensdauer beſitzt. Zu 25 Jahren aber iſt wieder die Hälfte der gleichzeitig geborenen Bevölkerung hinweggeſtorben. Die wahrſcheinliche Lebensdauer der neugeborenen Mädchen ſtellt ſich im Allgemeinen etwas größer als die der Knaben. Sie gleicht z. B. nach Quetelet in Belgien bei jenen 17, bei dieſen 25.

Das Verhältniß der Zahl der Todesfälle zu der der Bevölkerung iſt 1738

in den Städten weit größer als auf dem platten Lande. In Belgien z. B. kommt in jenen ein Todter auf 36,9, in dieſem aber erſt auf 46,9 Einwohner. Eben ſo üben die Berufsgeſchäfte einen weſentlichen Einfluß auf die Mortalität aus. So z. B. zeigen ſich nach Lombard bei den Bildhauern, Hutmachern, Polirern, Müllern, Schneidern, Juwelieren mehr Fälle von Schwindſucht, als dem allgemeinen Mittel entſpricht, während umgekehrt Kutſcher, Fleiſcher, Gerber, Zuckerbäcker daſſelbe nicht erreichen. Für die höheren Stände Würtembergs fand Riecke nach den Mortalitätstabellen von 1791 bis 1835, daß, wenn man von den ungünſtigeren zu den günſtigeren Verhältniſſen der Art fortſchreitet, folgender Stufengang herauskommt, Aerzte, Schullehrer, Forſtmänner, Staatsdiener (höhere Beamte), Evangeliſche und endlich katholiſche Geiſtliche. Auch nach Casper's Berechnungen ſterben die Aerzte am früheſten hin, während die Theologen am längſten leben. Sehr groß iſt auch die Sterblichkeit in den meiſten Gefängniſſen.

1739 Die Selbſtmorde vermehren ſich in der Regel zu Zeiten der Theurung oder politiſcher Aufregung. In Paris erfolgt die Majorität derſelben durch Erſchießen oder Ertränken, in England und Deutſchland durch Erhenken. Sie werden meiſtentheils in Frankreich Morgens zwiſchen 6 und 8, dagegen Mittags zwiſchen 12 und 2 Uhr am ſeltenſten vollbracht. In den preußiſchen Städten kommt ein Mörder auf ungefähr zwölf Selbſtmörder.

1740 Die größte Zahl von Verbrechen an Sachen und die kleinſte von ſolchen an Perſonen fällt wenigſtens in Frankreich, Holland und Belgien in den Winter, umgekehrt dagegen das Maximum der Fälle von Perſonenverletzungen in den Sommer. Die Epochen dieſer Maxima und Minima aber entſprechen den durchſchnittlichen größten und kleinſten Werthen der Sterblichkeiten und der Geburten. Die Frauen betreten etwas ſpäter die Bahn des Verbrechens und verlaſſen ſie auch früher als die Männer. Das Maximum zeigt ſich bei dieſen um das fünfundzwanzigſte, bei jenen dagegen um das dreißigſte Jahr.

Dieſe wenigen Beiſpiele mögen genügen, um einen Begriff einer mit der Phyſiologie verwandten Wiſſenſchaft zu geben, welche nicht nur an und für ſich ein ſehr hohes Intereſſe gewährt, ſondern auch die ſicherſte Grundlage jeder einſichtsvollen Adminiſtration bildet.

Die vollſtändigſte allgemeine Ueberſicht giebt in dieſer Hinſicht A. Quetelet Ueber den Menschen und die Entwickelung seiner Fähigkeiten oder Versuch einer Physik der Gesellschaft. Deutsche Ausgabe mit Anmerkungen versehen von V. A. Riecke. Stuttgart, 1838. 8. Viele Detailsangaben finden ſich noch in C. F. Burdach die Phyſiologie als Erfahrungswiſſenſchaft. Bd. III. Zweite Auflage. Leipzig, 1838. 8. J. L. Casper die wahrſcheinliche Lebensdauer des Menſchen in den verſchiedenen bürgerlichen und geſelligen Verhältniſſen. Berlin, 1835. 8. Gobbi Ueber die Abhängigkeit der physischen Populationskräfte von den einfachen Grundstoffen der Natur, mit specieller Anwendung auf die Bevölkerungsstatistik von Belgien. Leipzig und Paris, 1842. 4. G. Schweig Untersuchungen über periodische Vorgänge im gesunden und kranken Organismus des Menschen. Karlsruhe, 1843. 8. Hoffmann in den Abhandlungen der K. Academie der Wissenschaften zu Berlin aus dem Jahre 1841. Dritter Band. 1843. 4.

Regiſter.

(Die römiſchen Zahlen beziehen ſich auf den Band, die arabiſchen auf die Seiten deſſelben. Wo ein Gegenſtand fortlaufend behandelt wird, iſt nur der Anfang der Darſtellung der Kürze wegen im Verzeichniſſe angegeben.)

A.

Abendwägungen des Körpers I. 721.
Aberration, ſphäriſche II. 372.
Abführung der Secrete I. 603.
Ablagerung von Fett I. 775, von ſtickſtoffhaltigen Organtheilen I. 777.
Ablagerungen von Kalkmaſſen in den Arterien I. 27, pathologiſche I. 15, unorganiſche I. 680.
Ablenkungswinkel der Lichtſtrahlen II. 342.
Abmagerung, durch Hungern veranlaßt I. 394. 672.
Abſceſſe, Eigenwärme derſelben I. 148. Vergl. Eiter.
Abſchuppung der Oberhaut I. 612. 683.
Abſonderung I. 587, Theorie derſelben I. 597, Verhältniß zu den Nerven II. 722. 772. 782, Vorkommen derſelben im Embryo II. 873.
Abſonderungen, ſeröſe I. 619.
Abſonderungsfläche, Schätzung der Größe derſelben I. 588.
Abſorption I. 363.
Abſorptionsvermögen des Blutes für Gaſe I. 78.
Accommodationsvermögen des Auges für verſchiedene Entfernungen II. 391, des Körpers für die Wärme I. 160, des Ohres für hohe und tiefe Töne II. 515, der Sinne II. 320.
Accord II. 530.
Achillesſehne, Wirkung derſelben II. 145.
Achromaſie II. 420, des Auges I. 134. II. 422, der Linſen II. 419.
Achſelgeflecht II. 634. 645.
Achſelhöhle, Eigenwärme derſelben I. 136. 142. 145.
Achſenſtrahlen II. 348.
Aderfigur des Auges II. 494.
Aderläſſe, Einfluß derſelben auf die Blutmiſchung I. 751. 756.
Adhäſion, Einfluß derſelben auf die organiſchen Proceſſe I. 54.
Afterſpalte II. 773.
Affinität, Einfluß auf die Endosmoſe und Exosmoſe I. 69, organiſche I. 195.
Albumin, ſ. Eiweiß.
Albuminurie I. 67. 668. 750. 752. 753. 764.
Algenſporen, Drehen derſelben II. 17.
Alkohol, chemiſche Formel I. 186, Einſaugung deſſelben I. 380. 389, Veränderung deſſelben durch fortgeſetzte Gährung I. 180, Wirkung deſſelben I. 226.
Allantoin, chemiſche Formel I. 191.
Alt des Geſanges II. 267.
Alter, höheres II. 893.
Alternative, Voltaiſche II. 53.
Altersverſchiedenheiten, Einfluß derſelben auf die Eigenwärme I. 142, auf die Kohlenſäureausſcheidung I. 565.
Amauroſe II. 499.
Ammoniak, ſ. Fäulniß und Harn.
Ammoniak, kohlenſaures, ſ. Harnſtoff.
Amniosflüſſigkeit, Bildung derſelben II. 865. 874, ſpecifiſches Gewicht I. 31, Waſſergehalt I. 28.
Amputationsſtümpfe, Abmagerung derſelben I. 394, Anatomie derſelben I. 708. Einwirkung der Wärme auf ſie I. 163. Verhalten zu den Reflerempfindungen II. 773. 781.
Amputirte, Kalender derſelben I. 100. 709, Integritätsgefühle derſelben II. 605.
Anaſtomoſen der Nerven II. 591.
Anatomie, Verhältniß zur Phyſiologie I. 2.
Aneurysmen, Nebenfolgen derſelben I. 394.
Angriffswinkel von Zugkräften II. 120.

Anſätze der Muskeln an die Wirbelſäule II 210, die Rippen II. 216.
Anſatzwinkel der Sehnen II. 132.
Anſteckung I. 744.
Anſtrengung der Netzhaut II. 480.
Antagoniſten II. 154, Gewichte einzelner derſelben II. 156.
Anziehung, organiſche I. 195.
Anziehungsbewegungen, chemiſche II. 10.
Aplanatiſche Linſen II. 419.
Aquivalent, elektriſches, der Nerventhätigkeit II. 617.
Arſenik I. 745.
Arterien, ſ. Schlagadern.
Arterienhaut, chemiſche Zuſammenſetzung I. 173, Formel I. 189, mögliche Entſtehungsweiſe derſelben I. 777, ſpecifiſches Gewicht I. 30, verhältnißmäßige Dicke derſelben I. 456.
Aſchenbeſtandtheile einzelner Organe I. 27, des Körpers I. 175.
Aſparagin I. 739.
Athemmuskeln, Thätigkeit bei dem Erbrechen I. 253, bei der Kothentleerung I. 276, bei dem Kreislaufe I. 496, Verhältniß zum verlängerten Marke II. 798, Wirkung I. 511.
Athemzüge, Zahl derſelben I. 576.
Atherom, Waſſergehalt I. 29.
Athmen, Beziehungen zum N. vagus II. 684. 688, zum verlängerten Marke II. 798, Chemie deſſelben I. 571, Einfluß auf die Eigenwärme I. 147, erſtes des Kindes II. 883, künſtliches I. 577, Mechanik deſſelben I. 507, Verhältniß zum Kreislaufe I. 495, zu dem Nervenſyſtem II. 777. 800, Vorkommen im Embryo II. 873.
Athmungsaſpiration des Blutes I. 496, der Luft I. 508.
Athmungsdruck I. 525.
Athmungsgeräuſche I. 523.
Athmungsorgane, Verluſt derſelben bei dem Verhungern I. 723.
Atlas II. 205, Muskelanſätze deſſelben II. 210.
Atmoſphäre, Einfluß derſelben auf den Organismus I. 83. Vgl. Luft.
Auffaſſung der Töne II. 523.
Aufmerkſamkeit, Einfluß derſelben bei dem Sehen II. 447.
Aufrechtſehen der Gegenſtände II. 449.
Aufſaugung des Blutes und der Lymphe I. 363, der Haut I. 586.
Aufſtoßen I. 253.
Augäpfel, harmoniſche Bewegungen derſelben II. 336.
Auge, Affectionen deſſelben bei Verhungernden I. 221, Drehung deſſelben II. 446, Gang der Lichtſtrahlen in ihm II. 365, Größe der einzelnen Theile deſſelben II. 362, künſtliches II. 370, optiſche Einrichtung deſſelben II. 355, Raddrehung deſſelben II. 330, Reflererſcheinungen an ihm II. 753. 754. 758, Veränderungen nach der Durchſchneidung der Spinalwurzeln des Augenknotens II. 716, nach der des Trigeminus II. 728, nach der Lähmung des Facialis II. 727, Verluſt deſſelben bei der Inanition I. 723.
Augen, Bewegungen derſelben II. 484, ungleiche Sehweite derſelben II. 403.
Augenlider II. 322.
Augenmuskeln II. 326, Einfluß auf das Accommodationsvermögen II. 392, Nerven derſelben II. 658. 660. 671, ſymmetriſche und harmoniſche Thätigkeit derſelben II. 776.
Augenwimpern II. 323.
Ausdehnung der Theile durch die Wärme I. 50.
Ausdünſtung I. 580, riechende in Krankheiten I. 585.
Ausfluß des Blutes aus durchſchnittenen Capillaren I. 473.
Ausgaben des Körpers I. 714. 758.
Ausleerungen, ſenſible II. 711.
Ausſchwitzung I. 691, entzündliche I. 392, ſeröſe im Gehirn I. 29. II. 734.
Ausſonderung I. 587.

B.

Bäder, durch dieſelben bedingte Einſaugung I. 586, Einfluß auf die Eigenwärme I. 143.
Balancement des Kopfes I. 43. II. 146, des Rumpfes II 244.
Balken des Gehirns II. 91. 744. 809.
Barometerverhältniſſe, Einflüſſe derſelben I. 83. 93. 96. 143.
Baß II. 267. 272.
Bauchathmung I. 516.
Bauchfellentzündung, Beſchaffenheit des Blutes bei derſelben I. 750.
Bauchreden II. 308. 533.
Bauchſchwangerſchaft II. 865.
Bauchſpeichel, Thätigkeit I. 329, Waſſergehalt I. 28, Zuſammenſetzung I. 629. 631.
Bauchwaſſerſucht I. 29.
Baumöl, chemiſche Formel I. 187, Zuſammenſetzung I. 216.
Becken II. 229. 232. 237.
Befruchtung II. 852. 857.
Begattung II. 854.
Beiſchlaf, Folgen der Ausübung deſſelben II. 786.
Bekleidung des Körpers I. 158.
Belaſtungsgeſetz der Nerven II. 774.
Belladonna, ſ. Narcotica.
Benetzung, Einfluß derſelben auf die Capillaritätserſcheinungen I. 56. 61.
Bell'ſcher Lehrſatz II. 627.
Benzoeſäure, chemiſche Formel I. 186, Einwirkung auf den Urin I. 762.
Beobachtung, phyſiologiſche I. 4.
Berghöhen, Einfluß des auf ihnen ſtattfindenden verminderten Luftdruckes I. 85.

98, Wirkung auf das Gehen I. 125, auf das Gehör I. 86.
Bergſteigen I. 125. 576.
Beuger II. 156.
Beugung des Lichtes, Einfluß auf das Sehen II. 417, des Rumpfes II. 219. Vergl. Extremitäten.
Bewegung, active und paſſive II. 15, der Brown'ſchen Molekule II. 10, der Spermatozoen II. 32, der Zellen II. 31, des Zelleninhaltes II. 32, drehende nach Hirnverletzungen II. 802. 810, Größe der Bewegung II. 9, geſehener Gegenſtände II. 464, harmoniſche der Augäpfel II. 336, periſtaltiſche I. 246, unwillkürliche II. 701, Urſache der regelmäßigen Gruppirung derſelben II. 788, Weſenheit der unorganiſchen Bewegungen II. 9. Vgl. auch Extremitäten, Flimmerbewegung, Herz, Muskeln und Reflerbewegung.
Bewegungen der Extremitäten in Folge des Pulſes I. 464.
Bewegungsideen II. 320.
Bewegungsorgane, active und paſſive II. 15. 97.
Beziehung, gegenſeitige, der verſchiedenen Nerventhätigkeiten II. 774.
Bienen I. 775.
Bilder, Erſcheinungen derſelben im Auge II. 366, zu naher Gegenſtände II. 413. Vgl. auch Netzhautbilder.
Bildungshemmungen II. 871.
Bildungstrieb, von Blumenbach I. 15.
Bindehaut II. 324, Abſonderung ſiehe Thränen, Trockenheit derſelben II. 729.
Bindemittel der organiſchen Theile I. 38.
Biſſen, Bildung deſſelben, ſ. Kauen.
Blähungen I. 362.
Blaſen I. 89.
Blaſenentzündung, Beſchaffenheit des Blutes bei derſelben I. 750.
Blattern, Beſchaffenheit des Blutes bei ihnen I. 749. 752. 753.
Blauſäure, ſ. Narcotica.
Bleichſucht I. 751. 754, II. 850. 870.
Blinddarm, Bewegung deſſelben I. 267, Chemie ſeines Verdauungsproceſſes I. 350, Vergleich mit dem Magen I. 353, Verhalten zu dem N. sympathicus II. 705, zu den Centraltheilen des Nervenſyſtems II. 705.
Blindheit, Verhältniß zum N. frontalis II. 671. Vgl. Auge, N. opticus und Sehen.
Blindſack des Magens I. 252.
Blödſinn II. 880.
Blut, Abſorptionsvermögen für Gaſe I. 79. 81, Ausdehnung durch die Wärme I. 51, Beſchaffenheit bei der Menſtruation II. 848, in Krankheiten I. 749, nach der Durchſchneidung der N. N. vagi II. 689, Centrum der Ernährungserſcheinungen I. 672. 745, chemiſches Verhalten deſſelben I. 182, chemiſche Formel I. 189, Durchgang deſſelben durch capillare Röhren I. 60, Eigenwärme deſſelben I. 138, Einfluß deſſelben auf die Nerven II. 623. 791, Eingeweidewürmer in ihm II. 835, elektriſches Verhalten deſſelben I. 165, Schmelzpunkt deſſelben I. 162, ſpecifiſches Gewicht I. 130, ungleiche Vertheilung deſſelben I. 103, Unterſchied zwiſchen Arterien- und Venenblut I. 747, Veränderungen bei Dyskraſieen I. 780, in der Leber I. 634, mögliche bei der Ernährung I. 767, Vergleich mit den Nerven II. 579, Verhältniß zum Athmen I. 684, zur Flimmerbewegung II. 25, zu den Muskeln II. 66. 191, zu den Nerven II. 791, Verluſt bei dem Verhungern I. 723, Waſſergehalt deſſelben I. 28. 216, Wechſel der Zufuhr bei der Ernährung I. 675, weißes I. 776.
Blutadern, Contractilität derſelben II. 91, Lauf des Blutes in ihnen I. 476, Thätigkeit der Wände derſelben I. 479.
Blutaderknoten der Schwangeren I. 43.
Blutgefäßdrüſen I. 396.
Blutgefäße, Durchmeſſer der feinſten I. 56, Folgen der Unterbindung derſelben I. 707, Verhältniß zu den Nerven II. 724.
Blutkörperchen, Entwickelungsmetamorphoſen derſelben I. 679, Thätigkeit bei dem Athmen I. 679.
Blutmenge des Körpers I. 489.
Blutumlauf, Sichtbarkeit deſſelben im Auge II. 496.
Bogen der Beugung und Streckung des Rumpfes II. 219, der Bewegungen der Arme II. 226, der der Füße II. 239.
Bohnen, Waſſergehalt und Zuſammenſetzung I. 216.
Brand I. 696.
Brechungsvermögen II. 343.
Brechungswinkel II. 342.
Brechmittel I. 260.
Brennpunkt II. 348.
Brillen II. 410.
Brot, Waſſergehalt und Zuſammenſetzung I. 216.
Bronchitis, Beſchaffenheit des Blutes bei derſelben I. 749. 752. 753.
Brown'ſche Molekule II. 10.
Brunſt, Einfluß derſelben auf die Flimmerbewegung II. 29, Verhältniß zur Menſtruation der Frau II. 851.
Bruſt, Veränderung derſelben bei dem Athmen I. 541.
Brüſte, Veränderungen derſelben während der Schwangerſchaft II. 862, nach der Geburt II. 882.
Bruſtkorb, Anſätze der Muskeln an denſelben II. 216.
Buckelige, Beſchwerden derſelben bei dem Athmen I. 517, Wirbelſäule derſelben II. 203.
Bulbus urethrae II. 845.
Bunſen'ſche Säule II. 191.

C.

Caffein I. 738.
Callus I. 39. 738.

Calomelſtühle I. 360.
Camera obscura II. 355.
Capacität der Herzhöhlen I. 486.
Capillaren, Contractilität derſelben I. 470. II. 93, Durchmeſſer derſelben I 56, Kreislauf in ihnen I. 465, Lagerungsverhältniſſe derſelben I. 677, Unregelmäßigkeiten des Blutlaufes in ihnen I. 471, Verhalten gegen Reize I. 472, Verhältniß zu den Nerven II. 726.
Capillarität I. 55.
Capillarröhrchen, Aufſteigen von Flüſſigkeiten in ihnen I. 57.
Caſein, ſ. Käſeſtoff.
Centripetale und centrifugale Nervenfaſern II. 4.
Cerebrinſäure, chemiſche Formel I. 188, Zuſammenſetzung I. 174.
Cerebroſpinalflüſſigkeit II. 733, Einfluß derſelben auf die Bewegung des Gehirns II. 737.
Charniergelenk II. 118.
Chiasma der Sehnerven II. 657.
Circulation des Blutes, ſ. Kreislauf.
Chlor, giftige Wirkungen deſſelben I. 575.
Chlorophyll I. 729.
Chloroſe I. 751. 754. II. 850.
Choleinſäure, chemiſches Verhalten I. 182, Formel I. 189. 331.
Cholera, Beſchaffenheit des Blutes bei derſelben I. 750. 752. 753.
Choleraſtühle I. 360.
Choleſtearin, chemiſche Formel I. 188.
Chondrin, chemiſche Formel I. 173. 189, mögliche Entſtehungsweiſe I. 778. 779.
Chorda tympani II. 674.
Choroidealpigment, Folgen des Mangels deſſelben II. 367.
Chromaſie des Auges II. 422.
Chromatophoren der Dintenfiſche II. 32.
Chylus, ſ. Milchſaft.
Chymus, ſ. Speiſebrei.
Chymification I. 290.
Clavierſpielen, Schnelligkeit der Fingerbewegung bei demſelben II. 165.
Cohäſion der Körper, Ermittelung durch den Taſtſinn II. 563.
Colla, chemiſche Formel I. 173. 188.
Collateralkreislauf I. 503. 707.
Combinationston II. 532.
Commiſſur, vordere und mittlere des Gehirns II. 744.
Complication der Muskelwirkungen II. 101.
Concremente I. 29. 699.
Condyli occipitis II. 205.
Conus arteriosus I. 411.
Congeſtion I. 475.
Conſiſtenz der Organe I. 26.
Conſonanten II. 289.
Conſonanz, muſikaliſche II. 530.
Contactſinne II. 314.
Contactſympathieen I. 197. 780. 781.
Contactwirkungen I. 181, Auftreten derſelben bei der Magenverdauung I. 310. 312.
Contractilität der organiſchen Theile I. 45. 110.
Contracturen der Gelenke der unteren Extremitäten II. 239. 730, Verhalten zu den Reflexempfindungen II. 772.
Contraſtfarben II. 478.
Convergenzwinkel der Augen II. 482.
Coxarthrocace II. 231.
Cranioſkopie II. 823. 824.
Cretins I. 98. II. 818.
Cyſtin I. 763.

D.

Dädaleum II. 469.
Darmbrei I. 344.
Darmzotten, Einſaugung derſelben I. 363.
Dartos, Contractilität derſelben II. 94.
Dauer der Flimmerbewegung nach dem Tode II. 25, des Netzhauteindruckes II. 466, der Reflexbewegungen II. 766, der Reizbarkeit der Muskeln nach dem Tode II. 698, der Todtenſtarre II. 76. Vergl. Zeitdauer.
Daumen, Bewegungen deſſelben II. 222. 225.
Deciduae, Bildung derſelben II. 864.
Dehiscenz I. 37.
Dehnbarkeit der organiſchen Theile I. 51. 55.
Deſquamation, ſ. Oberhaut.
Dialekte II. 303.
Diaſtole des Herzens I. 403.
Dichtigkeit der Organe I. 26, der zuſammengezogenen Muskeln II. 39.
Dickdarm, Bewegung deſſelben I. 266. Chemie ſeines Verdauungsproceſſes I. 350, Dauer ſeiner Reizbarkeit II. 85.
Diffuſion der Gaſe I. 77, beim Athmen I. 559.
Diſtanzſinne II. 314.
Doppelmißgeburten II. 872.
Doppeltfühlen II. 576. 610.
Doppeltſehen II. 414.
Dornfortſätze der Wirbel II. 108. 203.
Dotter, Rotation deſſelben II. 19. 867, Theilung deſſelben II. 866.
Drehbewegungen nach Hirnverletzungen II. 802. 810.
Drehgelenk II. 118.
Drehpunkt des Auges II. 332.
Drehung des Auges II. 446, des Kindes bei der Geburt II. 879.
Dreiklang, muſikaliſcher II. 531.
Druck des Blutes in den Schlagadern I. 435, der Luft bei dem Athmen I. 525. 580, derſelben bei dem Erſticken I. 579, derſelben auf den Körper I. 83, Einfluß deſſelben auf das Auge II. 497, auf die Capillaritätserſcheinungen I. 59, auf die Organe I. 39, phyſiologiſcher Nutzen deſſelben I. 88, ſein Verhalten zu dem Athmen I. 496.

Druckkraft des Menſchen I. 113.
Drüſen, abſondernde I. 587, Havers'ſche II. 113, Meibomiſche II. 323.
Drüſengänge, Bewegungen derſelben II. 87, unwillkürliche Zuſammenziehung II. 701, Verhältniß zu den Nerven II. 721.
Ductus thoracicus I. 367. 399, Contractilität deſſelben II. 91. 724.
Durchfall, galligter nach Hirnverletzungen II. 809.
Durchſchneidung der Nerven II. 612.
Durſt I. 206. 209.
Durſtkur I. 221.
Dynamometer I. 112.

E.

Ei, Austritt deſſelben bei der Menſtruation II. 850, Drehung deſſelben II. 19, Entwickelung deſſelben II. 858. 863, Uebergang deſſelben in die Tube II. 854, Verhalten bei der Embryonalentwickelung II. 866.
Eierſtock, Congeſtion nach demſelben bei der Menſtruation II. 850, Haar- und Zahnbildung in demſelben II. 853.
Eierſtocksſchwangerſchaft II. 864.
Eigenwärme I. 135, ſ. thieriſche Wärme.
Eihäute II. 865.
Einathmen I. 89, ſ. Athmen.
Eindruck der Geſichtsobjecte, Dauer deſſelben II. 466.
Einfachſehen II. 485.
Einfallsloth II. 342.
Einfallswinkel der Lichtſtrahlen II. 342.
Einfallsebene II. 342.
Eingeweide, Abhängigkeit der Bewegungen derſelben vom Gehirn II. 747.
Eingeweidewürmer, Zeugung derſelben II. 833.
Einkeilung II. 115.
Einknickung der Muskelfaſern II. 161.
Einnahmen des Körpers I. 714. 725.
Einſaugung I. 363.
Einſpritzung von Stoffen in das Blut I. 757, Einfluß derſelben auf das Geruchsorgan II. 547, desgl. auf die Geſchmackswerkzeuge II. 549.
Eiſen im Blut und Chylus I. 381, im Eiter I. 694, Wirkung deſſelben auf das Blut I. 753.
Eiter, Beſchaffenheit I. 693, Infuſorien in ihm I. 185, Waſſergehalt deſſelben I. 29.
Eiterkörperchen I. 693, in den Lymphgefäßen I. 364, im Schleime I. 615.
Eiweiß, Auflöſung des geronnenen durch den Magenſaft I. 299. 303, chemiſche Formel I. 173. 727, Einſaugung deſſelben I. 378, Exiſtenz im Harne I. 668, mögliche Metamorphoſen I. 759, Verhalten als ausſchließliches Nahrungsmittel I. 737.
Ekel I. 253.
Elain, ſ. Fett.
Elaſticität der organiſchen Theile I. 45. 51, Nutzen derſelben I. 49.
Elaſtiſches Gewebe, Verhalten gegen künſtliche Verdauungsflüſſigkeit I. 304. S. auch Arterienhaut und Schlagadern.
Elektricität der Körpertheile I. 165, der Luft I. 99, der Zitterfiſche I. 165, II. 584. 585, Einfluß derſelben auf die Flimmerbewegung II. 28, die Muskeln II. 46. 83, die Nerven II. 614, Einwirkung derſelben auf das Gehör II. 536, den Geruch II. 547, das Geſicht II. 497, den Körper I. 167, mediciniſche Anwendung derſelben II. 622, Verſchiedenheit von dem Nervenfluidum I. 167, II. 584. 585.
Elektriſches Aequivalent der Nerven II. 617.
Elektrodynamiſche Spiralen II. 618.
Elektromagnetiſche Maſchinen II. 618.
Elektromotoren II. 51.
Elemente, wirkſame der Organe I. 23.
Elementartheile, Anziehungskraft derſelben II. 196, ihre Selbſtſtändigkeit II. 868.
Elementarbewegungen II. 15.
Elephantiaſis I. 393.
Ellenbogen II. 114. 118. 221.
Embryonalentwickelung II. 863. 867.
Emphyſem der Haut I. 509, der Lungen I. 509.
Empfindlichkeit, relative der Sinne II. 316.
Empfindungen, unbewußte II. 702.
Empfindungstäuſchungen II. 604. 610.
Emulſionen, Verhalten derſelben zu den Capillaritätserſcheinungen I. 58. 62.
Endosmoſe und Exosmoſe I. 63. 362. 599. 607.
Endſchlingen der Nerven II. 594.
Energie der Nerven, urſprünglicher Sitz derſelben in den Centraltheilen II. 787.
Entfernung der Gegenſtände, Einfluß derſelben auf das Sehen II. 387, Schätzung derſelben bei dem Sehen II. 458, bei dem Hören II. 533.
Enthauptung, Begleitungserſcheinungen derſelben II. 754, mögliche Fortdauer des Lebens im Kopfe II. 798.
Entozoen, Zeugung derſelben II. 833.
Entzündung, Auftreten derſelben nach Nervenlähmungen II. 726, Erſcheinungen I. 475. 691.
Epidermis, ſ. Oberhaut.
Epithelien, Bildung I. 683, Veränderung bei Lähmungen II. 727. 729, bei der Verdauung II. 248. Vgl. auch Ernährung.
Epiſtropheus, Drehung deſſelben II. 206, Muskelanſätze deſſelben II. 211.
Erbrechen I. 253, galligtes nach Hirnverletzungen II. 809.
Erbſen, Zuſammenſetzung I. 216.
Erection I. 502, der Clitoris II. 855, des Penis II. 841.

Ergänzungsfarben II. 475.
Ergreifen der Nahrungsmittel I. 230.
Erhöhung der Reizbarkeit bei Neuralgieen II. 625.
Erhenken, Samenergießung bei demſelben II. 809.
Erkältung I. 607.
Ernährung I. 672, Chemie derſelben I. 710, durch ſtickſtoffloſe und ſtickſtoffhaltige Subſtanzen I. 193, krankhafte bei Verhungernden I. 221, Verhalten zu dem Nervenſyſteme II. 783.
Ernährungsausgaben I. 770.
Ernährungsflüſſigkeit I. 622. 677. 770.
Ernährungsreflexe, nervöſe II. 785.
Ernährungsſtörungen nach Nervenlähmung II. 727.
Ernährungsveränderungen, morphologiſche I. 674.
Erſtickung I. 577. II. 791, nach der Durchſchneidung der Kehlkopfnerven II. 684. 688.
Erweichung der Centraltheile des Nervenſyſtems II. 786.
Erweiterungsgröße der Bruſt bei dem Einathmen I. 541.
Eſſigſäure, chemiſche Formel I. 186, Product der Gährung I. 180.
Excremente, ſ. Koth.
Excretion I. 587.
Exercierknochen I. 779.
Exſudate I. 691.
Extremität, obere II. 219. 224. 226, untere II. 230. 237.
Extremitäten, Abhängigkeit derſelben vom Gehirn II. 746, von den Nerven II. 742, vom Rückenmarke II. 740.
Euphon II. 510.

F.

Fadencylindergewebe I. 687.
Farbe des Sömmerringſchen Fleckes II. 441.
Farben, accidentelle II. 474, complementäre II. 475, objective II. 424.
Farbenſehen II. 471.
Farbenſinn, Mangel deſſelben II. 473.
Farbenphantom II. 481.
Farbenſpectrum II. 418.
Farbenzerſtreuung II. 417.
Färberröthe, Folgen des Gebrauches derſelben als Nahrungsmittel I. 688.
Farbeſtoffe, Einſaugung derſelben I. 380. 389, Uebergang derſelben in den Harn I. 669.
Faſern, contractile II. 87, incidirende u. reflectoriſche II. 763.
Faſerſtoff, Auflöſung deſſelben durch den Magenſaft I. 299. 303. 338, chemiſche Formel I. 173. 727, Einſaugung deſſelben I. 379, Vorkommen deſſelben im Harn I. 669.
Fäulniß I. 179.
Feſtigkeit der Theile I. 33. 110, von Stricken in Verhältniß zu einzelnen organiſchen Gebilden I. 36. 48.
Fett, Auftreten deſſelben an den Haaren I. 611, an pigmentreichen Theilen I. 174, Bildung deſſelben I. 680. 773, chemiſche Formel I. 187, Einfluß deſſelben auf die Capillaritätserſcheinungen I. 55, Einſaugung deſſelben I. 366. 379, Exiſtenz deſſelben im Harn I. 669, mögliche Metamorphoſen deſſelben I. 176. 177. 761. 771, ſpecifiſches Gewicht I. 31, Veränderungen deſſelben im Magen I. 322, in den dünnen Gedärmen I. 339, Verhalten als ausſchließliches Nahrungsmittel I. 734, Verluſt bei dem Verhungern I. 723, Zuſammenſetzung I. 173.
Fettgeſchwülſte I. 698.
Fettleibigkeit I. 773.
Fettſucht I. 775.
Fieber, Blut I. 749. 752. 753, Eigenwärme I. 148, Harn I. 662, Verhältniß zur Reizbarkeit II. 74.
Finalausgaben des Körpers I. 758.
Finger II. 225.
Fiſtelſtimme II. 277.
Fissura ani II. 773.
Fistula vesico-vaginalis I. 647.
Flatus I. 362.
Fleiſch, chemiſches Verhalten I. 182, chemiſche Formel I. 189, mögliche Metamorphoſen I. 760. 767. 777, Verhalten zum Magenſaft I. 303, zum Speichel I. 285, Waſſergehalt und Zuſammenſetzung I. 216. 223.
Flimmerbewegung II. 16, in den Nieren I. 644, Thätigkeit derſelben bei der Befruchtung II. 25. 859. 864. 867.
Flimmerſtrömung II. 21.
Flimmerroſen II. 500.
Flügel der Fliege, Schnelligkeit der Bewegung derſelben II. 165.
Flüſſigkeiten, Auspreſſen derſelben I. 109, Durchgang durch capillare Röhren I. 58, Fortbewegung derſelben I. 101.
Focus II. 348.
Fontanellen, Bewegung derſelben II. 734.
Foramen ovale II. 751, Offenbleiben deſſelben I. 517.
Formeln, chemiſche der organiſchen Körper I. 186.
Fortſätze, ſchiefe der Wirbel II. 203.
Fortſchrittgeſetz in den Rückenmarksnerven II. 644, in dem Sympathicus II. 710.
Froſchhalter I. 466.
Froſchpräparat, galvaniſches II. 48.
Fruchtkuchen II. 872.
Functionen, Eintheilung derſelben I. 17.
Fuß II. 234. 235.

G.

Gähnen I. 519.
Gährung I. 179, bei der Bereitung der Nahrungsmittel I. 217, im Blinddarme

I. 356, im Dickdarme I. 361, im Dünndarme I. 349. 362, im Magen I. 287. 314. 324. Vgl. auch Schimmel.

Galle, Bereitung I. 632, Beſchaffenheit I. 637, Einfluß auf die Dünndarmverdauung I. 330. 347, auf die Magenverdauung I. 308, mögliche Entſtehung I. 766, Rücktritt in den Magen I. 323, ſpecifiſches Gewicht I. 31, Verhalten in Krankheiten I. 639, Waſſergehalt I. 28.

Gallenabſonderung, Beziehung zu den Nerven II. 723, Mechanik I. 636.

Gallenblaſe, Contractilität II. 88.

Gallenblaſenſchleim I. 618.

Gallenerguß nach Verletzungen des großen Gehirns II. 810.

Gallengang, Contractilität I. 265, II. 88.

Gallenſteine I. 31. 639.

Gallerte, Auflöſung im Magen I. 303, Beſchaffenheit I. 173. 188, Einſaugung I. 379. Vgl. Colla und Chondrin.

Galvanismus, ſ. Elektricität.

Ganglien der Nerven II. 697, Empfindlichkeit der Faſern derſelben II. 702, Leitung in ihnen II. 703, mikroſkopiſche des Herzens II. 768, motoriſche Kräfte derſelben II. 704, Thätigkeit derſelben II. 717, Wiedererzeugung derſelben I. 703.

Ganglienbildungen der Sinnesnerven II. 652.

Ganglienkugeln, Scheidenfortſätze derſelben II. 697.

Ganglion ophthalmicum II. 657. 671, oticum II. 666. 673, sphenopalatinum II. 665. 673.

Gaſe des Blutes I. 79. 573, des Magens I. 323, des Darmcanales I. 349. 361. 362, Diffuſion I. 77. 82, bei dem Athmen 571, giftige I. 81. 575, Wirkung auf die Muskelreizbarkeit II. 72.

Gaumen, weicher, Verhalten deſſelben bei dem Athmen I. 518, dem Erbrechen I. 260, dem Schlingen I. 240, dem Singen II. 279, dem Sprechen II. 289.

Gebärmutter, Flimmerbewegung II. 18, Reflerbewegungen II. 753, Thätigkeit derſelben bei der Geburt II. 876, Veränderungen derſelben während der Schwangerſchaft II. 861.

Gebärmutterentzündung, Blut in derſelben I. 750.

Geburt II. 875.

Gedächtniß der Sinne II. 470.

Gedärme, Abhängigkeit ihrer Bewegungen vom Gehirn II. 748, vom Sympathicus II. 705, Bewegungen derſelben I. 263, Dauer ihrer Reizbarkeit II. 85, Flimmerbewegung in ihnen II. 19, Verluſt ihrer Maſſe bei dem Verhungern I. 723.

Gefäße, Beziehung zum Sympathicus II. 704. Vgl. Blut- und Lymphgefäße.

Geflechte der Nerven II. 589. 594.

Gehen I. 121. II. 246.

Gehirn, Congeſtion und Erweichung II. 786, Flimmerbewegung deſſelben II. 17, Formel ſeiner chemiſchen Zuſammenſetzung I. 188, ſpecifiſches Gewicht I. 31, Thätigkeit II. 809, Verhalten zu den Reflererſcheinungen II. 760. 761, Waſſergehalt I. 29, Zuſtand in verſchiedenen Lebensaltern II. 819.

Gehirn, kleines, Thätigkeit deſſelben II. 741. 744. 805. 807.

Gehör II. 500, Reflererſcheinungen an ihm II. 754, Verhältniß zum Gehirn II. 814. 816.

Gehörgang, äußerer II. 512.

Gehörknöchelchen II. 516.

Geiſtesthätigkeiten, ſ. pſychiſche Thätigkeiten.

Gekrösdrüſen I. 374.

Gelbe Körper, ſ. Körper.

Gelbſucht, Blut bei derſelben I. 750. 752. 753.

Gelenke, Einrichtung derſelben II. 110, krankhafte II. 111, Verhältniß zum Druck der Atmoſphäre I. 92, II. 112.

Gelenkenden der Knochen II. 106.

Gelenkſchmiere I. 54. 621.

Gelenkverbindungen, Verſchiedenheiten derſelben II. 114.

Generationsthätigkeiten II. 831.

Geruch II. 537, Reflererſcheinungen an ihm II. 754, Verhältniß deſſelben zum Gehirn II. 814. 816.

Geſang II. 275.

Geſchlechtsentwickelung II. 889.

Geſchmack II. 548, Sitz deſſelben II. 550, Verhältniß deſſelben zu den Nerven II. 680, zum Gehirn II. 814. 816.

Geſchwindigkeit der Bewegungen der Spermatozoen II. 838, des Blutlaufes in den Capillaren I. 467, der Endosmoſe I. 75, der Fortpflanzung der Schallwellen II. 506, des Ganges I. 122, der Flimmerbewegung II. 23, des Kreislaufes I. 489, der Molecularbewegung II. 13, der Muskelzuſammenziehung II. 165, der Nervenleitung II. 625, der geſehenen Gegenſtände II. 465, Einfluß derſelben auf die Endosmoſe und Erosmoſe I. 599.

Geſchwülſte I. 698.

Geſetz der Diffuſion der Gaſe I. 82, der iſolirten Entſtehung II. 871, der Leitung der Nervenfaſern II. 587, der peripheriſchen Energie derſelben II. 601, Mariamiſches II. 54.

Geſicht (Sehen) II. 322.

Geſicht (Antlitz), Kreuzungsverhältniſſe der Nerven deſſelben II. 743, Verhältniß zum Gehirn II. 746.

Geſichtserſcheinungen, ſubjective II. 493.

Geſichtskreis, ſ. Horopter.

Geſichtslinien II. 452.

Geſichtsmuskeln II. 193, Nerven derſelben II. 674.

Geſichtsſchmerz II. 603. 772.

Geſichtswinkel II. 383, kleinſter II. 429. 460.
Getränke I. 224.
Gewebe, organiſirte und nicht organiſirte I. 677.
Gewicht der Atmoſphäre, das auf den Körper drückt I. 83, der Blutmaſſe I. 489, ſpecifiſches Gewicht der einzelnen Theile des Organismus I. 30, des Menſchen im Ganzen I. 31.
Gewohnheit, allgemeiner Einfluß derſelben I. 199, Wirkung auf den Appetit I. 207. Vgl. auch Muskeln, Sinne und Nervenſyſtem.
Gewölbe II. 744.
Gicht I. 760.
Gifte I. 741, Vermiſchung derſelben mit der Cerebroſpinalflüſſigkeit II. 734. Vgl. Narcotica.
Glaskörper, Brechungsvermögen deſſelben II. 358, Waſſergehalt deſſelben I. 29.
Glaucom II. 367.
Gleichgewicht, Herſtellung deſſelben im Blute I. 391, labiles des Skelettes II. 101, organiſches I. 197, Störung deſſelben als Veranlaſſung von Bewegung II. 9. Vgl. auch Nervenſyſtem und Stimmung deſſelben.
Glottis II. 258. Vgl. auch N. vagus.
Gomphoſe II. 115.
Graue Subſtanz, Einfluß auf die Reflexerſcheinungen II. 763, Thätigkeit II. 600.
Grauwerden der Haare I. 687.
Gravitation, ſ. Schwere.
Grimmdarm, Bewegung deſſelben I. 267, Chemie ſeines Verdauungsproceſſes I. 350, Flimmerbewegung deſſelben II. 19.
Größe der geſehenen Gegenſtände II. 455.
Großhirnhemiſphären, Beziehung derſelben zu den Bewegungen II. 816, zu den geiſtigen Thätigkeiten II. 817, Unempfindlichkeit derſelben II. 743.
Grützgeſchwulſt, Waſſergehalt derſelben I. 29.
Gummi, chemiſche Formel I. 187, Folgen des Gebrauches deſſelben als ausſchließliches Nahrungsmittel I. 735.
Gurgeln I. 520.

H.

Haare, Ausfallen derſelben nach Lähmungen II. 729, Bildung derſelben I. 685, Vorkommen in Fettgeſchwülſten I. 698. II. 853, Weichheit derſelben I. 611.
Haarröhrchenanziehung I. 55.
Halblähmung II. 625.
Halsnerven II. 631.
Halswirbel, Muskelanſätze derſelben II. 211.
Hämadynamometer I. 437.
Hämorrhoiden I. 43.
Hand II. 222. 224.
Hände, Druckkraft derſelben I. 113.
Handwerksthätigkeit I. 131.
Handwurzel II. 221.
Harmonie, muſikaliſche II. 530.
Harn, Abſonderung deſſelben I. 540. 543, ammoniakaliſcher nach Rückenmarksverletzungen II. 785, chemiſche Beſchaffenheit I. 651, Eigenwärme I. 137, elektriſches Verhalten I. 165, kritiſcher I. 666, Schimmel in ihm I. 184, ſpecifiſches Gewicht deſſelben I. 31, tägliche Menge deſſelben I. 541, Uebergang von Stoffen in ihn I. 660, Veränderung deſſelben nach der Durchſchneidung der Nierennerven II. 723, nach dem Trinken I. 365, während der Schwangerſchaft I. 669, Verſchiedenheit nach Geſchlecht und Alter I. 653, Verhalten nach der Zerſtörung der Centraltheile des Nervenſyſtems II. 782, Vorkommen von Spermatozoen in ihm II. 839. 840.
Harnblaſe, Dauer ihrer Reizbarkeit nach dem Tode II. 85, Eigenwärme derſelben I. 137, Thätigkeit I. 648, Verhältniß zum Gehirn II. 748.
Harnblaſenſchleim I. 618.
Harncanälchen, Flimmerbewegung in ihnen II. 19.
Harnentleerung I. 648, II. 753. 766. 779. 840.
Harnleiter I. 644, Contractilität deſſelben II. 88. Vgl. N. sympathicus.
Harnröhre, Eigenwärme derſelben I. 137, Thätigkeit I. 648, Zuſammenziehungsvermögen II. 88.
Harnruhr, Blut bei derſelben I. 750. 752. 753, Weſen I. 764.
Harnſäure, chemiſche Formel I. 190, periodiſches Schwanken derſelben II. 897, Vorkommen in der Gicht I. 760, im Urin I. 657. 665.
Harnſtoff, chemiſches Verhalten I. 180, Formel I. 190, mögliche Entſtehung deſſelben I. 759. 766, Vorkommen im Blute I. 657, im Urin I. 654. 663, Zerſetzung durch Fäulniß I. 180.
Harnſteine I. 670.
Harnverſenkung I. 651.
Haube II. 744.
Haut, Contractilität II. 95, elektriſches Verhalten I. 165, Verluſt bei dem Verhungern I. 723, Wärme derſelben I. 136, Waſſergehalt derſelben I. 29.
Hautabſchuppung I. 683.
Hautabſonderung I. 605.
Hautausdünſtung I. 581. 606.
Hauteinſaugung I. 586.
Hautſchmiere I. 610.
Havers'ſche Drüſen II. 113.
Hebekraft I. 117.
Hebelwirkung II. 137.
Heiſerkeit II. 274.
Heißhunger I. 208.
Hemiplegie, Eigenwärme bei derſelben I. 149, Verhältniß derſelben zum Gehirn II. 811.
Hemmungsbildungen II. 871.

Herz, Abhängigkeit ſeiner Bewegung vom Gehirn II. 748, automatiſche Pulſationen desſelben II. 767, Beziehung zum N. vagus II. 686, zum N. sympathicus II. 704, Capacität ſeiner Höhlen I. 487, Centralorgan des Kreislaufes I. 402, Einwirkung des Strychnins auf daſſelbe II. 60, Mechanik deſſelben I. 404, Verhalten zu dem centralen Nervenſyſteme II. 747. 782. 809, Wirkung der Opiumtinctur auf deſſen Innenfläche II. 60. 624, Zuſammenziehung im Embryo II. 874.
Herzaneurysma, Verhältniß zur Reizbarkeit II. 74.
Herzaſpiration I. 478.
Herzkammern, Druck derſelben I. 440.
Herzkraft I. 442.
Herzkrankheit, Beſchaffenheit des Blutes bei derſelben I. 750.
Hinabſchlingen I. 239.
Hinken I. 129, freiwilliges II. 111. 231. 772.
Hinterhauptsbein, Muskelanſätze deſſelben II. 210.
Hippurſäure, chemiſche Formel I. 191, mögliche Entſtehung I. 759. 761, Vorkommen im Urin I. 669.
Hirn, ſ. Gehirn und Großhirnhemiſphären.
Hirnanhang II. 744.
Hirnnerven II. 651, Geſammtüberſicht ihrer Thätigkeiten II. 694, Parallele mit den Rückenmarksnerven II. 653.
Hitze, Einfluß derſelben auf den Körper I. 160. 163. Vgl. auch Wärme.
Hode, Abſonderungsfläche I. 593.
Hören II. 500, mit zwei Ohren II. 534, ſubjectives II. 535, Verhalten zum Gehirn II. 814. 816.
Hörmaſchinen II. 523.
Hörrohre II. 522.
Horn, chemiſche Beſchaffenheit I. 173, Formel I. 189, mögliche Entſtehung I. 778, Verhalten gegen künſtliche Verdauungsflüſſigkeit I. 304.
Horngebilde, Entſtehung derſelben I. 677. 684.
Hornhaut, Brechungsvermögen II. 358, krankhafte Affectionen II. 367, Trübungen derſelben und Aufhellung durch Elektricität I. 171.
Horopter, einfacher II. 438, zuſammengeſetzter II. 482. 492.
Horopterwinkel II. 482.
Hülle der Muskelfaſern II. 38.
Humor aqueus, Brechungsvermögen II. 358, Waſſergehalt I. 28, Zuſammenſetzung I. 621.
Hunger I. 206. 394.
Hungerkur I. 221.
Hungertod I. 218. 394. 721.
Huſten I. 522, Beziehung zum Vagus II. 687. 757.
Hydatiden, Waſſergehalt ihrer Flüſſigkeit I. 29.
Hydrodynamiſche Momente des Körpers I. 100.
Hygroſkopiſche Subſtanzen I. 33.
Hypochondrie I. 209. II. 603. 780. 788.
Hypoſpadie I. 650.
Hyſterie I. 209, II. 603. 780. 788.

J.

Identität der Grundſubſtanzen der beiden organiſchen Reiche I. 175, entſprechender Netzhautſtellen II. 489.
Inanition, ſ. Verhungern.
Indigeſtion I. 325.
Inductionsſtröme, phyſiologiſche Wirkung derſelben II. 619. Vgl. Elektricität.
Infuſorien, im Eiter I. 185, im Kothe I. 360, Urzeugung derſelben II. 833.
Influenza, elektriſches Verhalten dabei I. 166.
Inkruſtationen I. 780.
Inſpirationsmuskeln I. 511. II. 216.
Inſtinctbewegungen, Verhältniß derſelben zum Gehirn II. 815.
Integralverluſt bei dem Verhungern I. 723.
Integritätsgefühl von Amputirten II. 605, von Menſchen, die mit verſtümmelten Extremitäten geboren ſind II. 609.
Interſtitialſchwangerſchaft II. 865.
Intervall, muſikaliſches II. 528.
Iſolationserſcheinungen im Nervenſyſteme II. 581.
Iſolirtheit der Nervenprimitivfaſern II. 587.
Junod'ſche Apparate I. 94.

K.

Kakodylverbindungen, eigenthümliche, nicht giftige Wirkungen derſelben I. 745.
Kalkſalze I. 779, Folgen des Mangels derſelben I. 738, Umſatz derſelben I. 768, Zufuhr zu den Knochen I. 688.
Kälte, ſ. Wärme.
Kammer, dunkele II. 354.
Kammern des Herzens I. 403, gegenſeitiges Verhältniß derſelben I. 430.
Kartoffeln, Veränderungen derſelben im Darm I. 341. 343, Waſſergehalt und Zuſammenſetzung I. 216.
Käſeſtoff, Auflöſung im Magen I. 299. 303. 338, Coagulation durch den Magenſaft I. 297, Verhalten zur Galle I. 348, zum Speichel I. 284, Vorkommen im Harn I. 669, in der Milch II. 885.
Käſeſchmiere I. 55. II. 874.
Katarrh, Einfluß deſſelben auf die Flimmerbewegung II. 29, auf die Stimmbildung II. 274.
Kauen I. 231.
Kaumuskeln II. 196.
Kehldeckel, Verhalten deſſelben bei dem Schlingen I. 240, bei der Stimmbildung II. 268.
Kehlkopf, Flimmerbewegung deſſelben

II. 18. 254. Vgl. Geſchlechtsentwickelung und Stimme.
Kehlkopfmuskeln II. 99. 254, Beziehung derſelben zu den Nerven II. 683.
Kerne II. 869.
Kernfaſern I. 47. II. 869.
Ketten, organiſche II. 49, conſtante II. 190.
Kiefer, Einrichtung zum Kauen I. 235, Hebelwirkungen derſelben II. 148, Kraft ihrer Muskeln I. 236.
Kindslagen II. 875.
Kindspech I. 359. II. 873.
Kitzeln, als Veranlaſſungsmittel von Reflexbewegungen II. 753. 765.
Klappen des Herzens I. 404, der Milchgefäße I. 371, der Venen I. 488. 499, dreizipfelige I. 409, halbmondförmige I. 413, Stellung der Herzklappen I. 415, zweizipfelige I. 412.
Kleeſäure, mögliche Entſtehung derſelben I. 763.
Kleinhirnhemiſphären, Unempfindlichkeit derſelben II. 744, Thätigkeit II. 805. 807.
Kleinhirnſchenkel II. 741.
Klettern II. 252.
Klirrton II. 532.
Klumphand II. 226.
Klumpfuß II. 239.
Kniegelenk II. 111. 118. 233.
Knieſcheibe, mechaniſcher Nutzen derſelben II. 107.
Knochen, Abweichungen derſelben I. 27. 28, Brüche derſelben I. 37. 39. 738. II. 103, elektriſche Spannung derſelben I. 165, Enden II. 105, Ernährungserſcheinungen derſelben I. 688, Erweichung derſelben II. 103, Feſtigkeit I. 110, Formen II. 105, Oberflächen II. 104, ſpecifiſches Gewicht I. 30, Waſſergehalt I. 27. 29, Wiedererzeugung I. 738, Zuſammenſetzung I. 27. II. 103.
Knorpel II. 101, Elaſticität II. 115, Entwickelung derſelben I. 688, ſpecifiſches Gewicht I. 30, Waſſergehalt I. 29, Widerſtand derſelben gegen Eiter I. 394.
Kochkunſt I. 217.
Kohlenoxyd, Nichteriſtenz bei dem Athmen I. 572, ſchädliche Wirkungen I. 575. 741.
Kohlenſäure, abſolute bei dem Athmen ausgeſchiedene Menge derſelben I. 565, auf einen Athemzug kommende Quantität I. 568, auf ein Gramm Körpergewicht kommende Menge I. 569, der Atmoſphäre I. 545, Dichtigkeitswerth derſelben I. 559, in der Hautausdünſtung I. 581, in der Perſpiration I. 582, Einwirkung auf das Nervenſyſtem II. 791, mögliche Entſtehung derſelben I. 759, procentige Menge der ausgeathmeten Luft I. 547, ſchädliche Wirkungen derſelben I. 575. 741, Verhalten zum Blut I. 80.
Kohlenſtoffverbrauch bei Maſchinen und im Körper I. 156. 158.
Kohlenwaſſerſtoff bei der Fäulniß I. 355, Nichteriſtenz bei dem Athmen I. 573, ſchädliche Wirkungen I. 741, Verhalten zum Blut I. 81.
Kopf, Hebelwirkungen deſſelben II. 146, Schwerpunkt deſſelben II. 205.
Kopfſchmerz II. 746.
Körper, einfache, welche in dem Organismus vorkommen I. 171, Leitungswiderſtand deſſelben gegen Elektricität II. 614.
Körper, gelbe, Bildung derſelben II. 853, Entſtehung derſelben bei der Menſtruation II. 850.
Körper, ſtrickförmige, ſ. verlängertes Mark.
Korperkreislauf I. 401.
Körpergewicht, Abnahme deſſelben bei dem Verhungern I. 723, Verhältniß deſſelben zum Gewichte des Blutes I. 489, zum Gange I. 122, zu den mechaniſchen Kraftäußerungen I. 127.
Koth, Beziehung zur Galle I. 347. 357, Bildung deſſelben I. 354, chemiſche Zuſammenſetzung I. 357. Vgl. Ernährung.
Kothentleerung I. 272. II. 753. 766. 779.
Kraft, weſentliche I. 17.
Kräfte, Parallelogramm dſ. II. 8.
Kraftmaaß der Muskeln II. 169.
Kraftmeſſer I. 112.
Krebs I. 149, II. 253.
Kreislauf I. 401, des Embryo II. 872, Fortdauer nach der Durchſchneidung der Nerven II. 725, nach der Zerſtörung des centralen Nervenſyſtemes II. 782, Geſchwindigkeit deſſelben I. 489, Vergleich ſeiner Verhältniſſe mit denen des Nervenſyſtemes II. 579.
Kreuzbeinnerven II. 640. 649.
Kreuzungserſcheinungen im centralen Nervenſyſteme II. 741, Zweck derſelben II. 805.
Kreuzungspunkt der Richtungslinien II. 384.
Kriechen II. 252.
Krücken, Folgen des Gebrauches derſelben I. 44, II. 602, Gehen an ihnen II. 253, nöthige Stärke derſelben I. 118.
Krümmung, Einfluß derſelben auf die Bewegung von Flüſſigkeiten I. 105.
Kryſtalle in den Excrementen I. 360.
Kryſtalllinſe I. 29, Aufhellung ihrer Trübungen durch die Einwirkung des Galvanismus I. 171, Brechungsvermögen II. 358, Einfluß auf das Accommodationsvermögen II. 396, Entwickelung und Wachsthum I. 686, geſchichteter Bau II. 356. 371, krankhafte Affectionen II. 367, polyzonale Natur II. 373, Wiedererzeugung I. 701. 704.
Kugeln, kryſtalliniſche I. 44.
Kurzſichtigkeit II. 403. 405.

L.

Lachen I. 521.
Lähmungen, Eigenwärmeverhältniſſe derſelben I. 149. II. 739. Vgl. Nerven.
Längenabweichung, chromatiſche II. 419.
Laſt bei dem Aufheben des Armes II. 171, bei dem des Fußes II. 145.
Laſten, Tragen derſelben I. 126.
Laſtwirkung des Menſchen I. 121, der Muskeln II. 169. 176.
Laufen I. 121. II. 249.
Lebenskraft I. 13. 192.
Leber, Abſonderung und Blutgefäßverhältniſſe I. 633, Beziehung zu den Nerven II. 723, Kreislauf in derſelben I. 482, Verluſt bei dem Verhungern I. 723, Waſſergehalt I. 29.
Leberentzündung, Blut bei derſelben I. 750, Verhältniß derſelben zur Fortdauer der Reizbarkeit II. 74.
Lederhaut, ſ. Haut.
Leerheit der Arterien nach dem Tode I. 503.
Leitung in den Nerven II. 4. 625.
Leitungsvermögen der Körper für Elektricität II. 167.
Leitungswiderſtand des Körpers I. 167. II. 614, der Nerven II. 615.
Lendengeflecht des Froſches II. 593, des Menſchen II. 689.
Lendennerven II. 639. 650.
Lendenwirbel, Muskelanſätze derſelben II. 214.
Licht, Einfluß auf die Flimmerbewegung II. 27, Wirkung auf den Körper I. 133.
Lichtphantom II. 481.
Licht-Schattenfigur II. 496.
Lichtſtärke, Einfluß derſelben auf das Sehen II. 459.
Lichtſtrahlen, Brechungsverhältniſſe derſelben II. 341.
Lichtwellen, Zahl der Schwingungen derſelben II. 315. 472.
Liegen II. 241.
Linſe des Auges, ſ. Kryſtalllinſe.
Linſen, chemiſche Zuſammenſetzung derſelben I. 216.
Linſen, optiſche II. 347, achromatiſche und aplanatiſche II. 419.
Linſenkapſel, Brechungsvermögen derſelben II. 358.
Lochien II. 881.
Lordoſe II. 203.
Luft, atmoſphäriſche, Ausdehnung derſelben durch Wärme I. 50, ausgeathmete I. 529, chemiſche Zuſammenſetzung I. 544, chemiſche Zuſammenſetzung der ausgeathmeten I. 546, Druck derſelben auf den Körper I. 83, bei dem Athmen I. 526, bei der Tonbildung II. 265, Einfluß derſelben auf die Gelenke I. 94. II. 112, auf die Muskeln II. 43. 59. 72. 82, Folgen des Eintritts derſelben in die Bauchhöhle I. 92, in das Blut I. 504, Folgen ihrer Entziehung rückſichtlich der Flimmerbewegung II. 26, ihr beigemengte Gaſe I. 98, Menge der ausgeathmeten Luft I. 536, Veränderungen durch das Athmen I. 574, Verhalten zu den Körperbeſtandtheilen I. 172.
Luftröhre, Beziehung zum N. vagus II. 686, Contractilität II. 89, Einfluß auf die Stimmbildung II. 269, Flimmerbewegung II. 18.
Luftröhren- und Lungenſchleim I. 618.
Lungen, Beziehungen zum N. vagus II. 686. 723, Einfluß auf die Stimmbildung II. 269, Flimmerbewegung II. 18, Thätigkeit bei dem Athmen I. 508.
Lungenkreislauf I. 401.
Lungenſchwindſucht, Blut bei derſelben I. 750. 752. 753, Verhalten zur Reizbarkeit II. 74.
Lupen II. 432.
Lymphatiſche Anſchwellungen I. 394.
Lymphdrüſen I. 395.
Lymphe I. 383, ſpecifiſches Gewicht I. 31, Waſſergehalt I. 28.
Lymphgefäße I. 385, Contractilität derſelben II. 91.
Lymphherzen der Fröſche, Verhalten derſelben zu dem Nervenſyſteme II. 769.
Lymphkörperchen I. 400.

M.

Magen, Abhängigkeit ſeiner Bewegungen von dem Gehirn II. 748, Beſchaffenheit nach der Durchſchneidung der N. N. vagi II. 690. 723, Chemie ſeiner Verdauung I. 290, Dauer ſeiner Reizbarkeit nach dem Tode II. 83, Gaſe deſſelben I. 323, Mechanik ſeiner Verdauung I. 247, Verluſt ſeiner Maſſe bei dem Verhungern I. 723.
Magenfiſtel I. 250. 326.
Magenſaft I. 290. 618, ſpecifiſches Gewicht I. 31, Waſſergehalt I. 28.
Magenſchleim I. 618.
Magenverdauung I. 291.
Magnetelektromotor II. 620.
Magnetismus I. 164.
Malpighiſche Körperchen I. 644.
Malum coxae senile II. 773.
Mandeln, ſ. weicher Gaumen.
Mandelentzündung, Blut bei derſelben I. 749. 752. 753.
Manuſtupration II. 786.
Maſchinenkraft des Menſchen I. 120. 131. II. 173, des Organismus I. 156.
Mark, verlängertes, ſ. verlängertes Mark.
Maſern, Blut bei denſelben I. 749. 52. 53, elektriſches Verhalten I. 166.
Maſtdarm, Abhängigkeit ſeiner Thätigkeit vom Gehirn II. 747, Bewegungen I. 270, Eigenwärme I. 137. 145.
Maſtdarmſpalte II. 772.
Mäſtung I. 774.
Meconium I. 359.

Medien, Einfluß derſelben auf das Ausſtrömen von Flüſſigkeiten II. 107.
Meerwaſſer, Ausdehnung deſſelben durch Wärme I. 51.
Mehrgeburten II. 865.
Membrana humoris aquei, Brechungsvermögen derſelben II. 358.
Menſtruation, Erſcheinungen derſelben II. 847, Periodicität I. 202. 848, Verhalten zur Flimmerbewegung II. 29. 848, zur Pubertätsentwickelung II. 890.
Mercurialzittern II. 789, Eigenwärme bei demſelben I. 149.
Metalle, giftige Wirkungen derſelben I. 742.
Miasmen I. 744.
Mikroſkope II. 433.
Milben in den Miteſſern der Geſichtshaut I. 612.
Milch II. 884, Filtration derſelben durch organiſche Häute I. 364, Veränderung derſelben im Magen I. 300, Waſſergehalt I. 28, Zuſammenſetzung derſelben I. 216.
Milchbruſtgang I. 367. 399. II. 91. 724.
Milchgefäße, Thätigkeit derſelben I. 370.
Milchſaft I. 367. 375. 382.
Milchſäure, Bildung derſelben im Magen I. 314, im Urin I. 657, Beziehung zur Perſpirationsmaterie I. 765, chemiſche Formel I. 186.
Milchzucker, chemiſche Formel deſſelben I. 187.
Milz I. 397, Verluſt derſelben bei dem Verhungern I. 723.
Miſchung der Nerven II. 5.
Mißgeburten, Entſtehung derſelben II. 871.
Mitbewegungen II. 752. 775.
Mitempfindungen II. 752. 779.
Miteſſer I. 612.
Mittelfinger II. 223.
Mittelhandknochen II. 222.
Mitlauter II. 289.
Molecularbewegung, Brown'ſche II. 10.
Monadiſche Kraft der Gewebtheile II. 868.
Monſtroſitäten I. 15. II. 871.
Morgagniſche Feuchtigkeit, ſ. Kryſtallinſe.
Morgenwägungen des Körpers I. 721.
Mücken, fliegende, II. 368. 498.
Mundhöhle, Einfluß derſelben auf die Stimmbildung II. 270. Vgl. Geſchmack und Kauen.
Mundflüſſigkeiten I. 628.
Mundſchleim I. 617.
Mundſpalte, Oeffnung derſelben II. 195. 198.
Mundſpeichel I. 626.
Murmeln II. 283.
Musculi constrictores pharyngis I. 100. 200. 692. 696, gemelli II. 232. 643. 650, incisivi Cowperi II. 100, infracostales I. 513. II. 98, intercostales I. 513. II. 98, 636. 638, interossei II. 223. 237. 635. 636. 643. 648. 651, interspinales I. 517. II. 206. 207. 632, intertransversarii I. 517. II. 207. 631. 632. 633, laryngis II. 255, levatores costarum I. 512, lumbricales II. 99. 223. 237. 635. 636. 651, obliqui oculorum II. 100. 135. 227, recti oculorum II. 100. 326. 694, retrahentes auriculae II. 99. 511. 631. 675, rotatores dorsi I. 517. II. 206, subcostales I. 513, veli palatini ſ. weichen Gaumen, tranversi perinaei I. 275. II. 218. 642, zygomatici II. 100. 194. 195. 675.
Musculus abductor digiti minimi II. 222. 267. 635. 636. 647. 648. 651, abductor hallucis II. 236. 643. 651, abductor indicis II. 635. 636. 648, abductor pollicis brevis II. 99. 222. 223. 635. 636, abductor pollicis longus II. 98. 222. 223. 635. 636. 648, adductor digiti minimi femoris brevis II. 232. 641. 650, adductor femoris longus II. 232. 641. 650, adductor femoris magnus II. 232. 641. 643. 650, adductor hallucis II. 98. 236. 643. 651, adductor pollicis II. 635. 636. 648, anconaeus quartus II. 221, anomalus maxillae inferioris II. 194, antitragicus II. 99. 511. 675, ary-epiglotticus II. 256, arytaenoideus lateralis II. 256, arytaenoideus obliquus und transversus II. 256. 692, attollens auris II. 99. 100. 511. 631. 675, attollens palpebram superiorem ſ. levator palp. sup. attrahens auris II. 511. 675, azygos uvulae I. 243. II. 199.

biceps brachii II. 99. 148. 220. 221. 634. 635. 647. 648, biceps femoris II. 232. 234. 643. 650. 651, biventer cervicis I. 517, II. 209. 631. 632. 633, brachialis internus II. 98. 221. 635. 636. 647. 648, brachio-radialis II. 221, buccinator II. 100. 194. 195. 675, bulbocavernosus II. 100. 218. 642. 845.

caro quadrata Sylvii II. 643. 651. cervicalis descendens I. 515. II. 206. 633, circumflexus palati I. 243. II. 100. 667. 695, coccygeus I. 275. II. 210. 641, complexus I. 517. II. 209. 631. 632, compressor narium II. 99. 100. 193. 675, compressor vesicae I. 648, constrictor cunni II. 100. 642. 855, constrictor isthmi urethrae I. 649. II. 100. 218, radicis penis II. 845, coraco-brachialis II. 98. 220. 634. 635. 647, coraco-cervicalis II. 220, corrugator supercilii II. 100. 192, cremaster II. 100. 639, crico-arytaenoideus lateralis II. 255. 692, crico-arytaenoideus posticus II. 255. 692, crico-thyreoideus II. 255. 692, cruralis II. 234. 640. 650, cucullaris I. 514. II. 98. 209. 220. 632. 633. 636. 647. 692. 696, curvator coccygis II. 210.

deltoideus II. 153. 171. 220. 634. 635. 647. 648, depressor alae nasi II. 193.

675, depressor anguli oris II. 100. 194. 675, depressor labii inferioris II. 195. 675, depressor septi narium II. 99. 100. 675, depressor vesicae I. 649, detrusor urinae I. 648, digastricus maxillae inferioris I. 42. 236. II. 97. 197. 198. 199. 668. 675. 695, dilatator conchae II. 99. 511. 675, dilatator narium II. 194. 675.

epicranius II. 192, erector penis II. 844, expulsor linguae II. 199, extensor carpi radialis brevis und longus II. 98. 220. 222. 636. 648, extensor carpi ulnaris II. 220. 222. 636, extensor digiti minimi II. 222. 636. 648, extensor digitorum manus communis II. 98. 322. 323. 636. 648. extensor digitorum pedis communis brevis II. 236. 643. 651, extensor digitorum communis pedis longus II. 98. 236. 643. 651, extensor hallucis brevis II. 643, extensor hallucis longus II. 98. 236. 643, extensor indicis II. 98. 222. 223. 636. 648, extensor pollicis brevis II. 98. 222. 636. 648, extensor pollicis longus II. 222. 636. 648.

flexor brevis digiti minimi II. 99. 635. 643. 648, flexor brevis digiti quinti pedis II. 237, flexor carpi radialis II. 220. 222. 635. 648, flexor carpi ulnaris II. 222. 634. 635. 648, flexor digitorum profundus II. 98. 99. 222. 223. 635. 648, flexor digitorum sublimis II. 222. 223. 635. 648, flexor digitorum pedis longus und brevis II. 98. 237. 643. 651, flexor femoris II. 232, flexor hallucis brevis II. 98. 222. 236. 641. 650, flexor hallucis longus II. 643, flexor pollicis brevis II. 222. 236. 635, flexor pollicis longus II. 222. 236. 635, frontalis II. 100. 192. 194. 675.

gastrocnemius II. 145. 169. 234. 236. 643. 651, genioglossus II. 100. 199. 696, geniohyoideus I. 42. 236. II. 97. 197. 198. 199. 696, gloſsopalatinus II. 100. 199, glutaeus maximus II. 98. 99. 232. 641. 642. 650, glutaeus medius II. 232. 642. 650, glutaeus minimus II. 232. 642. 650, gracilis II. 232. 234. 640. 641.

Horneri II. 324, hyoglossus II. 100. 199. 696, hyothyreoideus I. 243. II. 98. 198. 199. 692. 696.

iliacus externus II. 232, iliacus internus II. 98. 153. 232. 639. 640. 650. iliocostalis I. 517. II. 206, infraspinatus II. 220. 634. 647, ischiocavernosus II. 100. 642. 844. 845.

latissimus dorsi II. 220. 634. 635. 639. 642. 648, laxator tympani II. 514. 674. 696, levator alae nasi labiique superioris II. 99. 100. 194. 195, levator ani I. 275. II. 98. 218. 641, levator anguli oris II. 100. 194. 675, levator labii superioris proprius II. 194. 195. 675, levator menti I. 100. 194. 675, levator palati mollis I. 243. II. 100. 199, levator palpebrae superioris II. 99. 100. 135. 192. 322. 694, levator scapulae II. 631. 632. 633. 647, lingualis II. 100. 198. 674. 696, longissimus colli II. 209. 631. 632. 633, longissimus dorsi I. 517. II. 206. 637.

Major et minor helicis II. 99. 511. 675, mallei externus II. 514, masseter I. 42. 236. II. 97. 196. 667, 675. 695, multifidus spinae I. 517. II. 206. 631. 632. 633. 634, mylohyoideus I. 42. II. 197. 198. 199. 668. 695, mylopharyngeus II 200.

nasalis labii superioris II. 194, nutator capitis II. 200.

obliquus abdominis externus I. 515, II. 99. 218. 232. 637. 638. 639, obliquus abdominis internus I. 515, II. 218. 232. 638. 639, obliquus capitis superior und inferior I. 517. II. 209. 631. 632, obliquus oculi superior und inferior II. 100. 135. 327. 694, obturator externus II. 98. 232. 641. 650, obturator internus II. 98. 232. 641. 643. 650, occipitalis II. 100. 192. 631. 675. 695, omohyoideus II. 97. 198. 220. 634. 696, opponens digiti quinti II. 99. 635. 648, opponens pollicis II. 222. 635. 648, orbicularis oris II. 99. 100. 194, orbicularis palpebrarum II. 100. 192. 194. 322. 675.

palmaris brevis II. 100, palmaris longus II. 99. 222. 635, pectinaeus II. 232. 640. 641. 650, pectoralis major I. 514. II. 98. 220. 632. 634. 636. 647, pectoralis minor II. 98. 220. 634. 636, peroneus brevis II. 236. 237. 643. 651, peroneus longus II. 236. 643. 651, peroneus tertius II. 236. 643. 651, piriformis II. 232. 640. 641. 648, pharyngopalatinus I. 243. II. 100. 199, plantaris II. 146. 236. 643. 651, platysmamyoides II. 100. 194. 200. 631. 675. 696, popliteus II. 234. 643. 651, procerus II. 194, pronator quadratus II. 220. 635. 648, pronator teres II. 220. 635. 648, psoas major II. 153 210. 232. 639. 640. 641. 650, psoas minor II. 153. 210. 640. 641. 650, pterygoideus externus I. 42. 236. II. 97. 197. 667. 695, pterygoideus internus I. 42. 236. II. 97. 197. 666. 667. 695, pterygopalatinus II. 100, pterygopharyngeus II. 200, pyramidalis abdominis I. 515. II. 210. 639, pyramidalis nasi II. 100.

quadratus femoris II. 232. 643. 650, quadratus lumborum I. 516, II. 210. 232. 639. 640, quadratus menti II. 100. 195. 675, quadratus Sylvii II. 643.

rectus abdominis I. 515, II. 98. 209. 218. 232. 638, rectus capitis anticus major II. 97. 209. 631. 632. 633, rectus capitis anticus minor I. 517. II. 209. 631, rectus capitis lateralis II. 97. 209. 631, rectus capitis posticus major I. 517. II. 209. 631, rectus capitis posticus mi-

nor I. 517. II. 209. 631, rectus femoris II. 640. 650, rectus oculi ſ. recti, reflector epiglottidis II. 200, retractor bulbi II. 327, rhomboideus II. 220. 633. 647, visorius Santorini II. 100. 675.

sacro-coccygeus anticus II. 210, sacrolumbaris I. 517. II. 206, salpingopharyngeus II. 199, sartorius II. 232. 234. 640. 650, scalenus anticus I. 512. II. 210. 632. 633. 634, scalenus medius I. 512. II. 210. 631. 632. 633. 634, scalenus posticus I. 512. II. 210 634, semimembranosus II. 232. 234. 643. 650. 651, semispinalis cervicis I. 517. II. 206. 631. 632. 633. 634, semispinalis dorsi II. 206. 634, semitendinosus II. 232. 234. 643. 650. 651, serratus anticus I. 220. 514. 633. 634. 636. 637. 645, serratus posticus inferior I 514, serratus posticus superior I. 514. 636, soleus II. 146. 236. 643. 651, sphincter ani externus I. 271. II. 100. 218. 642. 643, sphincter ani internus ſ. Kothentleerung, sphincter vesicae I. 649, spinalis cervicis I. 517. II. 206, spinalis dorsi I. 517, splenius capitis I. 516. II 97. 146. 631. 632. 633, splenius colli I. 517. II. 97. 206. 209, stapedius II. 99. 516. 674. 696, sternocleido-mastoideus I. 515. II. 97. 146. 200. 209. 631. 632. 692. 696, sternocostalis I. 516, sternohyoideus II. 98. 199. 696, sternothyreoideus II. 98. 198. 199. 632. 696, styloglossus II. 100. 199. 696, stylohyoideus I. 243. II. 100. 199. 675. 695, stylopharyngeus I. 243. II. 100. 199, subanconeus II. 100, subclavius I. 515. II 98. 633. 634. 647, subcruralis II. 100. 220, subscapularis II. 100. 220. 634. 635. 647, supinator brevis II. 98. 220. 636. 648, supinator longus II. 98. 220. 636. 648, supraspinatus II. 220. 634. 647.

temporalis I. 42. 236. II. 97. 196. 667. 695, tensor fasciae latae II. 99. 232. 640. 642. 650, tensor palati II 199. 666. 674. 695, tensor tarsi II. 100, tensor tympani II. 99. 514. 667. 674. 695. 696, teres major II. 220. 634. 635. 647. 648, teres minor II. 220. 634 635. 648, thyreo-arytaenoideus II. 255. 692, thyreoideus II. 100, tibialis anticus II. 98. 236. 643. 651, tibialis posticus II. 98. 236. 643. 651, trachelo-mastoideus I. 517. II. 146. 209. 631. 632. 633, tragicus II. 99. 511. 675, transversalis cervicis II. 206. 632. 633, transversus abdominis I. 515. II. 99. 218. 232. 638. 639, transversus auris II. 99. 511. 675, transversus menti II. 668, transversus perinaei I. 275. II. 642, tranversus plantae II. 236. 643. 651, trapezius ſ. cucullaris, triangularis sterni I. 516. 636. 637, triceps brachii II. 148. 220. 221. 635. 636. 647. 648, triceps femoris II. 232.

Vastus externus II. 234. 640. 650, Vastus internus II. 234. 640. 650, Vesicalis I. 649. II. 218.

Zygomaticus major et minor, ſ. Zygomatici.

Muskeldurchſchneidung, Einfluß derſelben auf die Stimmung des Nervenſyſtems II. 790.

Muskeln, Anheftungsweiſe derſelben II. 97, an die Sehnen II. 127, Complication ihrer Wirkung II. 101, Condenſation bei der Zuſammenziehung II. 39, Eigenwärme I. 137. 151, elektriſches Verhalten derſelben I. 165, Feſtigkeit derſelben I. 34, Maaß ihrer Kraft II. 167. 176, ſelbſtſtändige Zuſammenziehung nach dem Tode II. 71. 85, ſpecifiſches Gewicht I. 30, Thätigkeit ſymmetriſcher II. 151. 762, Verkürzungswerth II. 160, Verluſt bei dem Verhungern I. 720, Waſſergehalt I. 29. 33, Zuſammenſetzung I. 190. 216, Zuſammenziehung einzelner im Embryo II. 874, in ganz gelähmten Gliedern II. 730.

Muskelfaſern, Breite derſelben in ſtarken und ſchwachen Muskeln II. 173, quergeſtreifte I. 687, Veränderungen bei Lähmungen II. 68, Zahl derſelben II. 165, Zuſammenziehung der einfachen II. 79.

Muskelſtrom, elektriſcher I. 586.

Muskelſubſtanz, ſ. Fleiſch.

Muskelverkürzungen II. 158.

Mutterkuchen II. 872.

Myodynamometer II. 175.

Myolemma II. 38.

N.

Nabelblaſe II. 865.

Nachgeburt II. 880.

Nachwehen II. 881.

Nachtwandeln II. 826.

Nackenband, Waſſergehalt deſſelben, I. 29.

Nägel, Bildung derſelben I. 684. Vgl. Horn.

Nahrungsmittel I. 205. 211, Einfluß derſelben auf den Chylus I. 377, Folgen der Entziehung derſelben I. 218. 723, gemiſchte I. 214. 730. 735, plaſtiſche I. 214, ſtickſtoffhaltige I. 728, Waſſergehalt derſelben I. 216.

Nahrungsbedürfniß, Wechſel deſſelben nach Verſchiedenheit des Alters I. 740.

Narbenfaſern I. 695.

Narcotica, Einfluß derſelben auf die Flimmerbewegung II. 17, die Muskeln und Nerven II. 59. 789. 792, die Reizbarkeit II. 73, die Spermatozoen II. 839, die Zuſammenziehung des Herzens II. 60. 624, Einſaugung derſelben I. 390. 743, giftige Wirkung I. 745.

Naſe, ſ. Athmen, Geruch und N. N. olfactorius und trigeminus.

Naſenbildung aus der Stirnhaut, Empfindungstäuſchungen dabei II. 610. 763.
Naſenhöhle, Einfluß derſelben auf die Stimmbildung II. 270. 281.
Naſenſchleim I. 616.
Naſenſchleimhaut, Flimmerbewegung derſelben II. 18, Secretion derſelben I. 614.
Nähte oder Knochen II. 115.
Nebenbilder bei Anſtrengung der Netzhaut II. 480.
Nebennieren I. 399, II. 874.
Nebentöne II. 504.
Neigung des Beckens II. 229.
Nerven, Einfluß der Durchſchneidung derſelben auf die Erection II. 845, desgl. auf die Muskeln II. 64. 191, Gleichheit ihrer Thätigkeit in ihrem ganzen Verlaufe II. 7, Leitung derſelben II. 5, Miſchung derſelben II. 5, organiſche Veränderungen der nicht regenerirten I. 702, verſchiedene Arten derſelben II. 5, Verhütung der Regeneration derſelben I. 703, Wiedererzeugung derſelben I. 702. Vgl. auch Nervenfaſern.
Nervenagens oder Nervenäther II. 579.
Nervenätheroscillationen, Auffaſſung derſelben II. 581.
Nervenfaſern, Anaſtomoſen derſelben II. 589, Beſchaffenheit derſelben in Neuromen und anderen kranken Theilen II. 612, durchgehende und umſpinnende der Ganglien II. 699, elektriſche Natur derſelben I. 165, Endſchlingen II. 594, Entwickelung derſelben I. 688, Feſtigkeit derſelben I. 34, Geflechte derſelben II. 589. 594, Geſchwindigkeit ihrer Leitung II. 625, Gleichheit der Energie während ihres Verlaufes II. 598, graue, gelatinöſe, organiſche oder weiche II. 697, Leitungsgeſetze derſelben II. 587, Leitungswiderſtand derſelben II. 615, mechaniſche Reizung derſelben II. 611, Paciniſche Körperchen derſelben II. 596, reflectirende und incidirende II. 763, Theorie der Wirkung derſelben II. 600, Verhalten in den Nervenäſten II. 589, verſchiedenartige Reactionen derſelben II. 611, desgl. bei krankhafter Erhöhung ihrer Thätigkeit II. 624, Vertheilung derſelben an Beuger und Strecker II. 645. 649. 668, Zuſammenhang verſchiedenartiger Faſern II. 598. Vgl. Nerven und Nervenſyſtem.
Nervenfluidum, Verſchiedenheit deſſelben von der Elektricität I. 167. II. 584. 85.
Nerveninhalt, Veränderung deſſelben durch mechaniſche Eingriffe II. 612, durch chemiſche Subſtanzen II. 623, durch die Wärme II. 613.
Nervenleben II. 3.
Nervenprincip II. 579.
Nervenſchmerzen II. 604, Erhöhung der Reizbarkeit bei ihnen II. 625.
Nervenſyſtem, centrales, Abhängigkeit deſſelben vom Blute II. 791, arterióſe Bewegung deſſelben II. 735, Beziehung zur Flimmerbewegung II. 30, Einfluß auf die Eigenwärme I. 146, Flimmerbewegung II. 17, reſpiratoriſche Bewegung II. 736, reſpiratoriſches II. 800, ſenſible und motoriſche Kräfte II. 737, Specialthätigkeiten II. 793, Verluſt bei dem Verhungern I. 723.
Nerventhätigkeiten II. 578, ſubjective und objective II. 6.
Nervi, dentales II. 666. 670, dorsales glutaei II. 642. 650, laryngei II. 683, lumbares nasales II. 665, palatini II. 665, pharyngei II. 681. 682, sacrales subscapulares II. 634. 647, supraclaviculares II. 632, temporales profundi II. 667, thoracici anteriores II. 634. 647, tonsillares II. 681.
Nervus abducens II. 671. 695, accessorius Willisii II. 691. 692, acusticus II. 678. 696, auricularis anterior II. 667. 671, auricularis magnus II. 631. 643, auricularis N. facialis II. 675, auricularis N. vagi II. 982, axillaris II. 635. 648.
buccinatorius II. 667.
cochleae II. 678. 696, communicans faciei ſ. facialis, crotaphitico-buccinatorius ſ. trigeminus, cruralis II. 640. 650, cubitalis II. 635. 648, cutaneus brachii externus II. 635, cutaneus brachii internus II. 634, cutaneus brachii internus superior II. 637, cutaneus brachii medius II. 634. 648, cutaneus femoris anterior externus II. 640. 650, cutaneus femoris posterior communis II. 642.
diaphragmaticus II. 632. 645, dorsalis scapulae II. 632. 647.
ethmoidalis II. 663.
facialis II 672. 674. 676. 695, frontalis II. 664. 670.
genito-cruralis II. 639. 650, glossopharyngeus II. 678. 696. Vgl. auch Geſchmack.
haemorrhoidalis infimus II. 643, hypoglossus II. 693. 696.
ileo-hypogastricus II. 639, ileo-inguinalis II. 639, infraorbitalis II. 661. 666. 670. 671, inguinalis II. 639. 650, ischiadicus II. 643. 650
lacrymalis II. 664, lingualis II. 667, marginalis scapulae II. 634. 647, massetericus II. 667, maxillaris superior II. 664. 670. 694, maxillaris inferior II. 695, medianus II. 635. 648, musculocutaneus brachii II. 635.
naso-ciliaris II. 663
obturatorius II. 640. 650, occipitalis magnus und minor II. 643. 647, oculomotorius II. 657. 694. 723, olfactorius II. 652. 653. 694, ophthalmicus II. 663. 670. 694, opticus II. 654. 694.

patheticus II. 660. 694, perforans Casserii II. 635, peronaeus II. 643. 651, phrenicus II. 632. 645, pneumogastricus II. 681. 692. 696, pterygoideus II. 667, pudendus communis II. 642, pudendus externus II. 639. 650.
radialis II. 636. 648, respiratorius externus II. 630. 647.
scapularis II. 634. 647, spermaticus II. 639. 650, spheno-palatinus II. 665. splanchnicus II. 757, stapedius II. 673, supraorbitalis II. 664. 670, suprascapularis II. 634, sympathicus II. 696. 767. 783.
temporalis superficialis II. 667. 671, thoracicus posterior II. 632. 647, tibialis II. 643. 651, trigeminus II. 660. 668. 723, trochlearis II. 660. 694, tympanicus II. 681.
ulnaris II. 635. 648.
vagus II. 681. 692. 696. 723, vidianus II. 665.
(Die untergeordneten Nervenzweige ſind bei den Hauptäſten im Texte verzeichnet.)
Neſthäute, Bildung derſelben II. 864.
Netzhaut, Ausdehnung ihrer empfindenden Stellen II. 439, Ermüdung derſelben II. 411, Folgen ihrer Anſtrengung II. 480, Identität beider Netzhäute II. 489, Sichtbarkeit derſelben im ſubjectiven Geſichtsfelde II. 498, unempfindliche Stellen derſelben II. 445, Waſſergehalt I. 29, Zuſtand derſelben im erblindeten Auge II. 656.
Netzhautbilder, Erſcheinen derſelben im Auge II. 366. 369, Größe derſelben II. 383. 426, Minimalausdehnung derſelben II. 429, Vereinigungsweite derſelben II. 375.
Neubildung I. 690.
Neurotom II. 655.
Nieren, Beziehung zu den Nerven II. 723, Flimmerbewegung in ihnen II. 19, Folgen ihrer Ausrottung I. 671, Schätzung ihrer Abſonderungsfläche I. 593, Thätigkeit I. 643, Verluſt ihrer Maſſe bei dem Verhungern I. 723.
Nieren-Pfortader-Kreislauf I. 485.
Nießen I. 522.
Noduli Morgagnii et Arantii I. 411.
Nuclei II. 869.
Nußgelenk II. 115.

O.

Oberhaut, Abſchuppung derſelben I. 612. Bildung derſelben I. 677. 682, Einfluß derſelben auf das Taſten II. 562, Nutzen ihrer eigenthümlichen Beſchaffenheit im Embryo I. 54, Veränderung derſelben durch Druck I. 44, Verhalten gegen Verdauungsflüſſigkeit I. 304, Wiedererzeugung I. 700, Zuſtand bei Lähmungen II. 729.
Oberarm II. 220. 224.
Oberſchenkel II. 232. 237.
Ocularſpectra II. 474.
Oeffnungszuckungen II. 470, durch Temperatureinwirkungen II. 613. Vergl. auch Elektricität.
Ohnmacht II. 826.
Ohr, äußeres II. 510.
Ohrenſchmalz, Abſonderung I. 612, Nutzen deſſelben II. 513.
Ohrmuskeln II. 511.
Ohrſpeichel I. 627.
Ohrſpeicheldrüſe, Abſonderungsfläche I. 593, Thätigkeit I. 627.
Öl, ſ. Fett.
Olecranon II. 114.
Oliven des verlängerten Markes II. 741.
Onanie II. 786.
Ophthalmoblennorrhö I. 625.
Opium ſ. Narcotica.
Opiumraucher I. 229.
Optometer II. 416.
Organentwickelung II. 870.
Organismus, Vergleich deſſelben mit Maſchinen I. 10. 156, Weſenheit deſſelben I. 12.
Organomotoriſche Nerven II. 5.
Orthopädiſche Gebrechen II. 158.
Örtliche Eindrücke der Nerven II. 602.
Örtlichkeitsauffaſſung des Taſtſinnes II. 576.
Oſteomalacie II. 103.

P.

Paciniſche Körperchen der Nerven II. 596.
Pancreas, Abſonderungsfläche I. 593, Entartungen deſſelben I. 632, Folgen der Exſtirpation deſſelben I. 347, Verluſt ſeiner Maſſe bei dem Verhungern I. 723.
Pancreasgang I. 265.
Pancreasſaft, ſ. Bauchſpeichel.
Paraplegie, Eigenwärme bei derſelben I. 150. Vgl. Rückenmark.
Paralysis agitans II. 789.
Pathologiſch-phyſiologiſches Studium II. 8.
Paukenfell II. 513.
Penis, Anfüllung deſſelben nach der Nervendurchſchneidung II. 724, Steifung deſſelben II. 841.
Pepſin I. 309.
Periode, weibliche, ſ. Menſtruation.
Periodicität, organiſche I. 201, der Menſtruation II 849.
Periſtaltik I. 246. 264.
Perſpective, optiſche II. 463.
Perſpiration I. 587. 711, Menge derſelben in 24 Stunden I. 723, relative für 1 Gramm Körpergewicht I. 715.
Perſpirationsmaterie I. 764.
Pferdefuß II. 239.
Pfeifen II. 283.
Pflanzen, phyſiologiſcher Grundunterſchied derſelben von den Thieren I. 15.
Pfortaderblut, Beſchaffenheit I. 634.

Pfortaderkreislauf I. 483.
Pförtner des Magens I. 251, Thätigkeit deſſelben bei dem Erbrechen I. 259.
Phantaſie II. 821.
Phantasmoſkop II. 469.
Phlegmasia alba dolens I. 393.
Phoſphor, giftige Wirkungen deſſelben I. 742.
Phoſphoreſcenz des Körpers I. 132.
Phrenologie II. 823.
Phyſiognomie II. 195.
Phyſiologie, Begriff I. 1, allgemeine Werke über dieſelbe I. 20, Eintheilung derſelben I. 17, Verhältniß zu den anderen Naturwiſſenſchaften I. 2, zu den übrigen mediciniſchen Fächern II. 8.
Pigment, Bildung deſſelben I. 681, chemiſche Formel I. 189, chemiſche Zuſammenſetzung I. 173. 174, mögliche Entſtehung deſſelben I. 174. 778.
Pilze, ſ. Schimmel.
Placenta II. 872.
Pleureſie und Pneumonie, Blut bei derſelben I. 749. 751. 752. 753, Verhalten zur Reizbarkeit II. 74.
Pneumatometer I. 524.
Polydipſie I. 209.
Poroſität der Darmhaut I. 364, der thieriſchen Gebilde I. 63. 67.
Presbyopie II. 402.
Priſmen, optiſche I. 346.
Prolapsus vesicae urinariae inversae I. 645.
Pronatoren II. 156.
Proſtata II. 840.
Protein I. 177, chemiſche Formel I. 188. 726, Veränderung durch den Magenſaft I. 297. 303. 338.
Pſychiſche Thätigkeiten, Verhältniß zu den Abſonderungen II. 785, dem Athmen II. 777. 800, dem Gehirn II. 793. 809. 813, dem Kreislauf II. 748, den Reflexbewegungen II. 760. 761.
Pſychologie, Verhältniß zur Phyſiologie I. 1.
Ptoſis II. 659.
Ptyalin I. 628.
Pubertätsentwickelung II. 889.
Puls I. 461.
Pulsſchläge, theoretiſche Berechnung der Zahl derſelben I. 494.
Pumpthätigkeit des Herzens I. 421.
Pupille, Bewegung derſelben nach der Zerſtörung des Sehnerven II. 656, Verhältniß derſelben zum Augenknoten II. 659, zum kleinen Gehirn II. 805, zum N. oculomotorius II. 659, zum N. vagus II. 716, zu dem N. sympathicus II. 716, den Sehhügeln II. 801, den Vierhügeln II. 802, willkürliche Bewegung derſelben II. 778. Vgl. auch Regenbogenhaut und Sehen.
Pyin I. 695. 771.
Pyramiden des verlängerten Markes II. 741.

Q.

Querfortſätze der Wirbel II. 202.
Querſtreifen der Muskelfaſern II. 36.

R.

Rauſch, Begleitungserſcheinungen deſſelben I. 227. II. 823.
Räuspern I. 521.
Reagentien, Einfluß derſelben auf die Flimmerbewegung II. 25, auf die Lebendigkeit der Spermatozoen II. 838. 839.
Reflexbewegungen II. 751, einzelne Erſcheinungen derſelben II. 754.
Reflexempfindungen II. 751. 772.
Regeln, weibliche, ſ. Menſtruation.
Regenbogenhaut, Abhängigkeit ihrer Bewegungen von dem Gehirn II. 747. 802, Bewegung derſelben II. 776, Contractilität derſelben II. 89, Einfluß auf das Accommodationsvermögen II. 395, krankhafte Affectionen derſelben II. 367. Vgl. Pupille und Sehen.
Regiſter der Töne II. 262.
Reize, adäquate II. 313, Einfluß derſelben auf die Flimmerbewegung II. 28, auf die Nerven II. 5. 611. 613. 622, auf die Muskeln II. 42. 82, inadäquate II. 313.
Reizbarkeit II. 15, Beziehung derſelben zu den Nerven II. 63, zu verſchiedenen Reagentien II. 72, Sammlung derſelben II. 52, Stimmung derſelben II. 61, Verſchwinden derſelben nach dem Tode II. 186.
Reizempfänglichkeit II. 15, verminderte der Nerven II. 786.
Reſonanz, muſikaliſche II. 505.
Reſorption I. 363, der krankhaften Ausſchwitzungen I. 392, gehinderte I. 393.
Respiratio abdominalis I. 516.
Reſpiration, ſ. Athmen.
Reſpirationsmittel I. 214.
Revolutionsperiode II. 893.
Rheumatiſmus, Beſchaffenheit des Blutes bei demſelben I. 749. 751. 752. 753, elektriſches Verhalten I. 166.
Richtung der Flimmerbewegung II. 25.
Richtungslinien bei dem Sehen II. 384.
Ricinusöl, chemiſche Formel deſſelben I. 187.
Riechen II. 537, Verhältniß zum Gehirn II. 812. 816.
Rigor mortis II. 75. 85.
Ringfinger II. 225.
Rinnen zur Leitung der Wirkungen der Muskeln und Sehnen II. 135.
Rippen II. 215.
Rollen der Sehnen II. 135.
Roſe, Beſchaffenheit des Blutes bei derſelben I. 749. 751. 752. 753.
Rotation des Dotters II. 19. 867.
Rotationsapparate, magnetelektriſche II. 619.
Rückenmark, Thätigkeit deſſelben II. 738. 793. Vergl. auch Nervenſyſtem und Reflexbewegungen.

Rückenmarksnerven, Thätigkeit derſelben II. 626.
Rückenwirbel, Muskelanſätze derſelben II. 212.
Rückgrathsverkrümmungen II. 203. 207.
Rückwärtsgehen nach Hirnverletzungen II. 805.
Rumpf, Beugung und Streckung deſſelben II. 219. 241.

S.

Salmiak, Wirkung deſſelben auf die Magenverdauung I. 306.
Salze, Einſaugung derſelben I. 380. 389, Uebergang derſelben in den Harn I. 661, in den Körper I. 734. 768.
Salzwaſſer, Ausdehnung deſſelben durch die Wärme I. 51.
Same, Thätigkeit deſſelben II. 857. 858. 868, Waſſergehalt deſſelben I. 28, Wanderung deſſelben II. 852. 858, Zuſammenſetzung deſſelben II. 836.
Samenblaſen, Contractilität derſelben II. 88. 840.
Samenergießung bei Erhenkten II. 809, Mechanik derſelben II. 840. 845, unwillkürliche II. 840.
Samenleiter, Abhängigkeit ſeiner Bewegungen von dem Nervenſyſteme II. 748. 753, Contractilität deſſelben II. 88.
Sammellinſen II. 347.
Sarcolemma II. 38.
Sättigung I. 206.
Sauerſtoff der Atmoſphäre I. 545, der ausgeathmeten Luft I. 547, Dichtigkeitswerth deſſelben I. 559, Erreger des Athemproceſſes I. 571, Verwendung im Körper I. 573.
Säufer I. 226.
Saugen I. 88. 238.
Säugling II. 886.
Säure, freie, im Magenſaft I. 294.
Schallwellen II. 501, Geſchwindigkeit derſelben II. 503, Zuleitung derſelben zum Ohre II. 508.
Schärfe der verſchiedenen Sinnesorgane II. 575.
Scharlach, Beſchaffenheit des Blutes bei demſelben I. 749. 752. 753, Eigenwärme I. 148, elektriſches Verhalten I. 166.
Schatten II. 474, farbige II. 497.
Schattenfeld, ſubjectives II. 498.
Scheiben, ſtroboſkopiſche II. 469.
Scheide, Eigenwärme derſelben I. 138, Thiere in ihr I. 185.
Scheiner'ſcher Verſuch II. 414. 454.
Schielen II. 338. 659.
Schilddrüſe I. 398.
Schimmel in dem Inhalte des Dickdarmes der Pflanzenfreſſer I. 360, in dem des Dünndarmes derſelben I. 348, in lebenden Organismen I. 99. 183, Urzeugung derſelben II. 833.
Schlaf, Dauer deſſelben I. 201, Erſcheinungen deſſelben II. 824.
Schläfenbein, Muskelanſätze deſſelben II. 210.
Schlagadern, Abgangswinkel derſelben I. 458, Ausdehnung derſelben während der Syſtole I. 450, Contractilität derſelben I. 453. II. 91, Druck des Blutes in ihnen I. 440. 443. 446, Elaſticität I. 454, Leerheit derſelben nach dem Tode I. 506, Veränderungen derſelben nach der Durchſchneidung I. 500, Verengerung unmittelbar nach dem Tode I. 454, verſchiedene Widerſtandshöhen derſelben I. 461. Vgl. auch Blutgefäße.
Schlagaderwände, ſ. Arterienhäute.
Schlagfluß, Verhältniß zum Gehirn II. 810, zur Reizbarkeit II. 74.
Schleim I. 613, Waſſergehalt deſſelben I. 28.
Schleimhäute, Abſonderung I. 613, Verdauungskräfte derſelben I. 311.
Schließungszuckung der galvaniſirten Muskeln II. 46.
Schlingen I. 239.
Schlingenbildung der Nerven II. 644.
Schluchzen I. 520.
Schlund, Thätigkeit bei dem Schlingen I. 244, ſ. Speiſeröhre.
Schlundkopf II. 199.
Schlundſonde, durch ihre Einführung veranlaßte Reflexbewegungen II. 753.
Schlüſſelbein II. 219. 224.
Schlußdruck der Herzklappen I. 416.
Schlüpferigkeit organiſcher Flüſſigkeiten I. 52.
Schmecken, ſ. Geſchmack.
Schmelz, ſ. Zähne.
Schmerzensäußerung, Möglichkeit derſelben nach der Entfernung des großen und kleinen Gehirns II. 802.
Schnalzen II. 283.
Schnarchen I. 520.
Schnäuzen I. 521.
Schnecke des Gehörorganes II. 521.
Schnelligkeit, ſ. Geſchwindigkeit.
Schnüffeln II. 544.
Schreibekrampf II. 789. 790.
Schreibfeder des vierten Ventrikels II. 741.
Schreien II. 282.
Schritt I. 121. II. 165.
Schröpfkopf, Wirkungsweiſe deſſelben I. 88.
Schulterblatt II. 220. 224.
Schultergelenk II. 220.
Schwangerſchaft II. 860.
Schwebung, muſikaliſche II. 53[illegible].
Schwefelwaſſerſtoff, giftige Wirkung deſſelben I. 545. 742.
Schweineſchmalz, Zuſammenſetzung deſſelben I. 216.
Schweiß, Abſonderung I. 605, chemiſche Beſchaffenheit I. 608, Einfluß auf die

Perſpiration I. 717, elektriſches Verhalten I. 166, Waſſergehalt I. 28.
Schweißdrüſen I. 607.
Schwere, Beziehung derſelben zu den Capillaritätserſcheinungen I. 55, Einfluß derſelben auf den Organismus I. 39.
Schwerhörigkeit II. 522.
Schwerpunkt des Körpers II. 242.
Schwimmen II. 253, auf dem Waſſer bei zu großer Fettleibigkeit I. 773.
Schwindel II. 465. 822.
Schwingungszahlen der Lichtwellen II. 315, der Töne II. 271.
Secretion, ſ. Abſonderung.
Seekrankheit I. 256.
Seele im Sinne von Stahl I. 17.
Sehen I. 132. II. 656, directes und indirectes II. 442, Einfluß auf das Stehen bei Halbgelähmten II. 775, ſubjectives II. 492, Verhältniß zum N. frontalis II. 670, zum Gehirn II. 812. 816. Vgl. auch Accommodationsvermögen, Auge, Farbenſehen, N. opticus und trigeminus, Pupille und Regenbogenhaut.
Sehfelder, Wettſtreit derſelben II. 489.
Sehhügel II. 744.
Sehnen, Anheftungsweiſe derſelben an die Muskeln II. 127, Anſätze an die Knochen II. 131, Feſtigkeit derſelben I. 34, Nutzen derſelben II. 129, Verhalten zu den Muskeln II. 166, Waſſergehalt derſelben I. 29. 33.
Sehnendurchſchneidung II. 773.
Sehnerv II. 654. 694, Unempfindlichkeit der Durchtrittsſtelle deſſelben II. 444.
Sehweite, mittlere II. 375. 402.
Selbſtmorde II. 900.
Senſuelle und ſenſible Nerven II. 5.
Seröſe Flüſſigkeiten, Abſonderung I. 619, Bewegung derſelben I. 90. II. 733, chemiſche Zuſammenſetzung derſelben I. 620.
Sinnesnerven II. 651.
Sinneswahrnehmungen, allgemeine Natur derſelben II. 309, ſubjective und objective II. 6. 312, Verhältniß zum N. trigeminus II. 671, zum Gehirn II. 814. 816. 821.
Skelett, ſ. Knochen.
Skolioſe II. 203. 207.
Skrophelmaſſe I. 772.
Skrophulöſe Geſchwülſte, Eigenwärme derſelben I. 149.
Smegma praeputii I. 612.
Somnambulismus II. 826.
Sopran II. 267. 272.
Spectrum, farbiges II. 418.
Speichel, Abſonderung und Beſchaffenheit deſſelben I. 625, Beimiſchung von Blut, Eiter u. dgl. I. 615, Schlüpferigkeit deſſelben I. 52, ſpecifiſches Gewicht I. 31, Thiere in ihm I. 185, Verhalten nach dem Gebrauche von Queckſilber I. 630, zur Endosmoſe I. 68, zu den Spermatozoen II. 837, Waſſergehalt deſſelben I. 28.
Speicheldrüſen, Folgen der Exſtirpation derſelben I. 630.
Speichelfluß I. 629.
Speichelſteine I. 630.
Speichelſtoff I. 628.
Speiſebrei I. 247. 290. 342.
Speiſen, chemiſche Verhältniſſe derſelben I. 278, Verdauung derſelben im Magen I. 318.
Speiſeröhre, Beziehung zum N. vagus II. 682. 687, Thätigkeit bei dem Schlingen I. 244, nach demſelben I. 251, Schimmelbildung an derſelben I. 184, Verluſt ihrer Maſſe bei dem Verhungern I. 723.
Spermatorrhö II. 840. 841.
Spermatozoen, Bewegungen II. 32. 837, Nutzen derſelben II. 857.
Spiraldrüſen der Haut I. 607.
Spitzfuß II. 239.
Sprache II. 283.
Sprachlaute II. 284.
Sprachmaſchinen II. 301.
Springen II. 252.
Stärkemehl, chemiſche Formel I. 187, Einſaugung deſſelben I. 380. 389, Folgen ſeines ausſchließlichen Gebrauches als Nahrungsmittel I. 735, mögliche Metamorphoſen deſſelben I. 761, Verhalten deſſelben zu Speichel I. 285, zur Verdauungsflüſſigkeit I. 341, Zuſammenſetzung I. 216.
Starrkrampf in Folge der Einwirkung des Galvanismus II. 54, als Reflexerſcheinung II. 761.
Statiſtik der Einnahmen und Ausgaben des Körpers I. 714, des Menſchen überhaupt II. 897.
Stehen II. 243.
Steifung des männlichen Gliedes II. 841.
Steine der Harnblaſe des Pferdes I. 44. Vgl. Concremente.
Steinkind II. 865.
Sterbefälle I. 96, II. 899.
Stereoſkop II. 488.
Stickſtoff, ſ. Luft.
Stickſtoffhaltige und ſtickſtoffloſe Nahrung I. 193.
Stimmbänder II. 256. 257.
Stimmbildung II. 254.
Stimme, Beziehung derſelben zum N. accessorius II. 691, zur Pubertätsentwickelung II. 889, Umfang derſelben II. 271.
Stimmung der Nerven II. 623. 624, des centralen Nervenſyſtemes II. 786.
Stimmritze II. 257, Verhalten bei dem Athmen I. 510. 518, dem Hinabſchlucken I. 240. Vgl. auch Kehlkopfmuskeln und N. vagus und N. accessorius.
Stoffwechſel I. 181. 195.
Stoßwiderſtand I. 104.
Stottern II. 305.
Strecker II. 156, der Wirbelſäule II. 206.
Streifenhügel II. 744. 806.

Strickförmige Körper des verlängerten Markes II. 741.
Strom, eigenthümlicher elektriſcher des Froſches II. 586.
Strychnin, ſ. Narcotica.
Superfötation II. 865.
Supinatoren II. 156.
Symmetrie, Auftreten derſelben in dem Nervenſyſteme II. 629, der Organe I. 200.
Sympathieen I. 197, II. 781.
Symphyſen II. 115.
Synergieen in dem centralen Nervenſyſteme II. 751.
Synovia II. 111, Schlüpferigkeit derſelben I. 52.

T.

Talg, Zuſammenſetzung deſſelben I. 216.
Talkerde, Umſatz derſelben I. 769.
Tartiniſcher Ton II. 532.
Taſchen, Morgagniſche des Kehlkopfes II. 268.
Taſtempfindung II. 558.
Taſtempfindlichkeitsſkale II. 572.
Taubheit II. 523.
Taubſtumme II. 307. 537.
Taurin, chemiſche Formel deſſelben I. 190. Vgl. Galle.
Temperatur, Empfindung derſelben II. 559, Wahrnehmung derſelben durch den Taſtſinn II. 572. Vgl. Wärme.
Temperatur, muſikaliſche II. 531.
Tenor II. 267. 272.
Tetanus, ſ. Starrkrampf.
Thätigkeiten des menſchlichen Körpers, Eintheilung derſelben I. 17.
Theilchen, wirkſame der Organe I. 23.
Thein I. 739.
Thermoelektricität, Einfluß derſelben auf die Muskeln II. 58.
Thiere, phyſiologiſche Unterſchiede derſelben von den Pflanzen I. 15.
Thränen I. 622. 625. II. 324.
Thränendrüſe, Schätzung ihrer Abſonderungsfläche I. 593, Thätigkeit derſelben I. 622, II. 324.
Thränenfiſtel I. 624.
Thränenſack, Flimmerbewegung deſſelben II. 18. Vgl. Thränen.
Thrombus I. 503.
Thymus I. 399. II. 874.
Tod I. 14, Verhältniß zur Eigenwärme I. 151.
Todesfälle II. 899.
Todtenſtarre II. 75. 85.
Tonbildung II. 260. 500.
Tondifferenz II. 528.
Töne, halbe und ganze II. 529, Höhe und Tiefe derſelben II. 503. 524, ſubjective Auffaſſung derſelben II. 523.
Tonhöhe II. 503.
Tonicität II. 96.
Tonſtärke II. 504.
Trabeculae carneae des Herzens I. 405.
Tragkraft der Körper I. 117.
Transfuſion des Blutes I. 756.
Traum II. 825.
Treppenſteigen I. 125. II. 174.
Trichter des Gehirns II. 744.
Trinken I. 238.
Trochanteren, Nutzen derſelben II. 108.
Trommelfell II. 513.
Trommelſucht, bei derſelben abgeſonderte Gaſe I. 82. 362.
Trompete, Euſtachiſche II. 518, Flimmerbewegung derſelben II. 18.
Trunkenheit I. 226. II. 823.
Tuben, Abhängigkeit ihrer Bewegungen vom Gehirn II. 748, Flimmerbewegung derſelben II. 18, Reflerbewegung derſelben II. 753.
Tubenſchwangerſchaft II. 865.
Tubercula der Knochen, Nutzen derſelben II. 109.
Tuberkelelemente im Schleime I. 616.
Tuberoſitäten, Nutzen derſelben II. 109.
Typhus, Blut bei demſelben I. 749. 751. 753, Eigenwärme I. 148, Kryſtalle in den Excrementen Typhöſer I. 360.

U.

Uebelkeit I. 253.
Ueberfütterung I. 222.
Uebergang der genoſſenen Subſtanzen in Blut und Chylus I. 368, in den Harn I. 660.
Umhüllungsgewebe I. 687.
Umkehrung der Bilder im Auge I. 353.
Umſatz der Körpertheile I. 729. 764.
Umſchlagen der Richtung der Flimmerbewegung II. 25.
Umſtülpung der durchſchnittenen reizbaren Muskelfaſern II. 37.
Unterkieferdrüſe, Abſonderungsfläche I. 593. Vgl. Speichel.
Unterſchenkel II. 234. 238.
Unterzungendrüſe I. 593. Vgl. Speichel.
Urzeugung II. 832.

V.

Vagitus uterinus II. 884.
Valvula coli I. 268. Vgl. Klappen.
Varices I. 43.
Varolsbrücke II. 741.
Vas deferens, ſ. Samenleiter.
Vaucherienſporen, Drehen derſelben II. 17.
Venen, ſ. Blutadern.
Venenwände, Feſtigkeit I. 34, ſpecifiſches Gewicht I. 30.
Ventile des Herzens I. 404, des Körpers I. 102.
Ventiltöne des Herzens I. 427.
Veränderungen, organiſche in gelähm-

ten Muskeln II. 68, in nicht wiedererzeugten Nerven I. 703. II. 68, in paralytiſchen Theilen II. 612.
Verbindungsmaſſe der organiſchen Theile I. 38.
Verbrennen I. 164.
Verbrennungsproceß bei dem Athmen I. 176, als hypothetiſche Urſache der Eigenwärme I. 151.
Verdauung I. 205, Mechanik derſelben I. 229, Chemie derſelben I. 277, künſtliche des Magens I. 302, Verhalten nach der Durchſchneidung der herumſchweifenden Nerven II. 690.
Verdauungsflüſſigkeit, künſtliche I. 302, Verhalten derſelben gegen Reagentien I. 307.
Verdunſten I. 221.
Vereinigungsweite, optiſche der Linſen II. 348, der Netzhautbilder II. 375, Verſchiedenheit derſelben nach der Entfernung der Gegenſtände II 387.
Vergrößerung der Bilder zu nahe geſehener Gegenſtände II 413, durch Lupen und Mikroſkope II. 432.
Verhornung, als Mittel der Conſiſtenzvergrößerung I. 27, Proceß derſelben ſ. Oberhaut, Nägel und Haare.
Verhungern I. 218. 721.
Verknöcherung, krankhafte, der Arterienwandungen I. 455, der Lymphgefäße I. 394, der Muskeln I. 779, der Oberhaut I. 779, verſchiedener anderer Theile I. 780.
Verkürzung der Extremitäten, ſ. Contracturen und Hinken, der Muskeln ſ. Muskelfaſern.
Verkürzungswerthe der Muskeln II. 160.
Verlängertes Mark, Einfluß deſſelben auf das Athmen II. 798, die Körperbewegungen II. 799, die Reflerbewegungen II. 756, Kreuzungsverhältniſſe deſſelben II. 797, Thätigkeiten deſſelben II. 741. 798.
Vermoderung I. 180.
Vernix cascosa, ſ. Käſeſchmiere.
Verſchleimung des Magens I. 323.
Verſchlucken I. 239.
Verſehen der Schwangeren II. 883.
Verſuch, phyſiologiſcher, Natur deſſelben II. 5.
Verſuch, Scheiner'ſcher II. 414.
Vertiefungen der Knochen II. 110, derſelben für Muskelanſätze II. 109.
Vesicula prostatica II. 840.
Vierhügel des Gehirns II. 744. 802.
Vocale II. 284.
Voix blanche und Voix sombrée II. 278.
Voltai'ſche Alternative II. 53.
Voltai'ſche Elektricität, ſ. Elektricität.
Vorderarm II. 221. 224.
Vorhof des Gehörorganes I. 520.
Vorhöfe des Herzens, gegenſeitiges Verhältniß derſelben I. 435, Thätigkeit I. 403. Vgl. Herz.
Vorſteherdrüſe II. 840.
Vorwärtsſtürzen der Kaninchen nach der Erblindung derſelben II. 656, nach Hirnverletzungen II. 806.

W.

Wachs, chemiſche Formel I. 729, Bildung deſſelben in den Bienen I. 775.
Wachsthum I. 672, Veränderung deſſelben im Laufe des Lebens II. 895.
Wahrnehmbarkeit der kleinſten Bilder II. 331, der Töne II. 525.
Wärme, äußere, Einfluß derſelben auf das Athmen I. 96, auf die Capillaritätserſcheinungen I. 61, auf die Muskeln II. 44. 83, auf die Nerven II. 612, auf den Organismus I. 143.
Wärme, thieriſche I. 135, Beziehung derſelben zu den Nerven II. 731, in gelähmten Gliedern II. 732.
Warzenmuskeln des Herzens I. 405.
Waſſer, Ausdehnung deſſelben durch die Wärme I. 50, Einfluß deſſelben auf den Körper I. 157, auf die Perſpiration I. 717, auf die Reizbarkeit II. 72, elektriſches Verhalten deſſelben I. 165, Menge deſſelben in der ausgeathmeten Luft I. 529, in den einzelnen Organen I. 27, Quantität deſſelben, welches bei dem Athmen aus dem Organismus ſelbſt hergegeben wird I. 542, Vermehrung deſſelben im Blute in Folge des Trinkens I. 210. 224, Vorkommen deſſelben in den thieriſchen Theilen I. 29.
Waſſerdampf der ausgeathmeten Luft I. 532.
Waſſerdurchtränkung des Körpers I. 32, Einwirkung derſelben auf die Muskeln II. 72.
Waſſererguß in der Bauchhöhle, Eigenwärme I. 149, im Gehirn, Folgen II. 818, Zuſammenſetzung I. 620.
Waſſererguß in den Ventrikeln des Gehirns, Einfluß deſſelben auf die Gehirnthätigkeit II. 818, ſpecifiſches Gewicht I. 31, Waſſergehalt I. 29. 620.
Waſſerleitung, Sylviſche, Unempfindlichkeit ihrer Wandungen II. 741.
Waſſerſtoff, Mangel deſſelben in der ausgeathmeten Luft I. 572, Verbrennungsmenge deſſelben I. 731.
Waſſerſucht, chemiſche Beſchaffenheit ihres Fluidum I. 620, der Nieren I. 645, Verhalten zur Lymphe I. 393, zur Nierenthätigkeit I. 643, zur Reizbarkeit der Muskeln II. 74.
Wechſelfieber, Beſchaffenheit des Blutes bei demſelben I. 749. 752. 753, elektriſches Verhalten I. 166, Periodicität I. 201. 202.
Weg, Einfluß deſſelben auf das Gehen I. 124, Neigung deſſelben I. 126.

Wehen II. 877.
Weinen I. 521.
Weinſtein I. 289.
Weitſichtigkeit II. 402.
Wettſtreit der beiden Augen II. 489.
Widerſtand der Flimmerbewegung gegen äußere Einwirkungen II. 25, der Theile des Körpers gegen äußere Einwirkungen nach der Durchſchneidung oder Lähmung der Nerven II. 784, mechaniſcher, Auffaſſung deſſelben durch den Taſtſinn II. 558, der organiſchen Theile I. 34. 35.
Widerſtandshöhen der Flüſſigkeiten I. 461.
Wiedererzeugung der Cerebroſpinalflüſſigkeit II. 735, der Gewebe im Allgemeinen I. 700.
Wiederkäuen, krankhaftes I. 263.
Willenseinfluß, angeblicher Sitz deſſelben im verlängerten Mark II. 801, Verhalten zum Gehirn II. 813.
Winkel des Angriffes von Zugkräften II. 120, des Abganges der Schlagadern I. 460, der Einknickung der Muskelfaſern II. 35. 164, der Krümmungen der Wirbelſäule II. 202. 204, kleinſter des Geſichtes II. 383. 429. 460, parallaktiſcher II. 491.
Wirbelkörper II. 115.
Wirbelſäule II. 200, Muskelanſätze derſelben II. 210.
Witterung, Einfluß derſelben auf den Körper I. 99.
Wochenbett II. 880.
Wolluſtgefühle II. 821. 856.
Wunderſcheiben, optiſche II. 469.
Wurmbewegungen des Darmes I. 246. 264, der quergeſtreiften Muskelfaſern II. 35.
Wurmfortſatz, Bewegung deſſelben I. 266, Chemie des in ihm ſtattfindenden Verdauungsproceſſes I. 350.

X.

Xanthoxyd I. 763.

Z.

Zähne, Einfluß derſelben auf das Sprechen II. 303, paraſitiſche Fäden an ihnen I. 616, Thätigkeit derſelben bei dem Kauen I. 231, Vorkommen derſelben in Eierſtockgeſchwülſten I. 698. II. 853, Zuſammenſetzung derſelben I. 27.
Zähneklappern II. 283.
Zahnen II. 887.
Zapfengelenk II. 117.
Zehrfieber, elektriſches Verhalten I. 166.
Zeigefinger II. 225.
Zeit zur Magenverdauung, nothwendige I. 316.
Zeitdauer der Flimmerbewegung II. 24, eines Geſichtseindruckes II. 471. Vgl. Dauer.
Zehen II. 236. 238.
Zellen, Contractilität derſelben II. 31, Entſtehung derſelben II. 869.
Zellentheorie II. 869.
Zellgewebe, Bildung deſſelben I. 687, Waſſergehalt deſſelben I. 29.
Zerſtreuungskreiſe II. 412, einer Linſe II. 419.
Zerſtreuungslinſen II. 347.
Zerſtreuungsvermögen II. 418.
Zeugungsthätigkeiten II. 831.
Zickzackbiegungen der Muskelfaſern II. 33. 161.
Zimmetſäure, Einwirkung derſelben auf den Urin I. 762.
Zirbeldrüſe II. 744.
Ziſchen II. 283.
Zubereituug der Getränke I. 225, der Speiſen I. 217.
Zucker, chemiſche Formel I. 187, Einſaugung deſſelben I. 350, Exiſtenz im Harn I. 669. Vgl. Harnruhr. Folgen des Gebrauches deſſelben als ausſchließliches Nahrungsmittel I. 735, Veränderungen deſſelben bei der Gährung I. 180, im Magen I. 287, Zuſammenſetzung deſſelben I. 216.
Zugänglichkeit der Nerven für äußere Reize II. 624.
Zugkraft, Natur derſelben überhaupt II. 120, des Menſchen I. 115, der Muskeln II. 176.
Zunge, Abhängigkeit ihrer Bewegungen von dem centralen Nervenſyſteme II. 743, Beziehungen zu ihren Nerven II. 693. 729, Thätigkeit derſelben bei dem Eſſen I. 237, dem Singen II. 280, dem Sprechen II. 280.
Zungenbein II. 198.
Zungenwerk des Stimmorganes II. 272.
Zuſammenfügung der anatomiſchen Elemente des Körpers I. 37.
Zuſammenheilen verſchiedenartiger Nervenfaſern II. 598. Vgl. Entzündung und Wiedererzeugung.
Zuſammenziehungserſcheinungen II. 33.
Zwerchfell I. 511. II. 98. 218. 631. 632. 633. 637. 638. 645. 693, Beziehungen deſſelben zum abſteigenden Aſte des Zungenfleiſchnerven II. 693, ſelbſtſtändige Zuſammenziehungen deſſelben nach dem Tode II. 71. 768.
Zwiſchenknorpel II. 113, des Kniegelenkes II. 115, der Wirbel II. 116.

Verbeſſerungen.

Bd. I. S. 173 Z. 3 u. Z. 23 v. u. ſtatt Scheerer l. Scherer.
S. 370. Z. 5 v. u. ſtatt Poiſſeuille l. Poiſeuille.
S. 545. Z. 25 v. o. ſtatt Kohlenſäure l. Stickſtoff.
S. 627. Z. 2 v. u. ſtatt van Stetten l. van Setten.
S. 736. Z. 23, 28, 29 u. 31 ſtatt 224,426 l. 244,426.

Bd. II. S. 13. Z. 14 v. o. ſtatt die aufgelöſte Flüſſigkeit l. die umgebende Flüſſigkeit.
S. 13. Z. 44 u. 45 v. o. ſtatt durch die Uhr l. der Uhr.
S. 15. Z 12 v. o. ſtatt treten l. tritt.
S. 41. Z. 22 v. u. ſtatt mit einer kleinen galvaniſchen Säule l. mit dem anderen Pole einer kleinen galvaniſchen Säule.
S. 43. Z. 8 v. u. ſtatt zuſammengeſetzten l. einfachen.
S. 44. Z. 16 v. u. ſtatt die andere l. den anderen.
S. 45. Z. 22 v o. ſtatt den l. der.
S. 100. Z 21 v. o. ſtatt Platysmameoides l. Platysmamyoides.
S. 194 Z. 12 v. u ſtatt Platysmammeoides l. Platysmamyoides.
S. 200. Z. 14. v. o. ſtatt Platysmammyoides l. Platysmamyoides.
S 210. Z. 22 v. o. ſtatt Streißbein l. Steißbein.
S. 276. Z. 11 v. u. ſtatt Schildkorpel l. Schildknorpel.
S. 380. Z. 18 v. o. ſtatt $\frac{\alpha}{m}$ l. $\frac{a}{m}$.
S. 621. Z. 1 v. o. ſtatt Magnetelektrometer l. Magnetelektromotor.
S. 659. Z. 2 v. u. ſtatt Braſchet l. Brachet.

Nachtrag

zu G. Valentin's Lehrbuch der Phyſiologie des Menſchen.

Bd. II. S. 711 — 714 und 767 — 772.

Kölliker veröffentlichte in einer die letzten Tage des verfloſſenen Jahres mir zugekommenen Schrift [1]) eine Reihe von Unterſuchungen, nach denen er den Urſprung ächter dünner Nervenfaſern aus einzelnen Ganglienkugeln beobachtet hat. Dieſe Erfahrung machte er im Ganzen 13 Mal und zwar an Präparaten aus den Spinalknoten des Froſches, der Schildkröte und der Katze, dem vierten Bruſtknoten und der Gaſſerſchen Nervenanſchwellung der Letzteren, ſo wie dem Ganglion Gasseri des Meerſchweinchens. Hierdurch, ſo wie durch die von Kölliker ſpeciell den Verbindungsſträngen des Sympathicus des Froſches zugewandte Unterſuchung fällt dann mein gegen dieſen Theil der Bidder-Volkmann'ſchen Beobachtungen gemachter und S. 713 angeführter Einwand hinweg. Da nach Kölliker einzelne Ganglienkugeln wahre Nervenfaſern entlaſſen, während dieſes bei anderen nicht der Fall iſt, ſo iſt mithin eine theilweiſe Selbſtſtändigkeit der peripheriſchen Nervenknoten in Verbindung mit den früheren Beobachtungen von Bidder und Volkmann nachgewieſen. Im Uebrigen kommt Kölliker zu Reſultaten, welche zu einer wahrſcheinlich richtigen Mitte zwiſchen den bisher vertheidigten Extremanſichten von Bidder, Volkmann und mir führen. Er erklärt ſich ebenfalls gegen die Unterſcheidung von zwei verſchiedenen Klaſſen von Nervenfaſern, als ſympathiſchen und animalen, und wider die Möglichkeit, die erſteren ihrer geringen Breite wegen in jedem Nervenſtamme ſogleich zu erkennen. Eben ſo enthält auch nach ihm der Sympathicus keine eigenthümlichen Gewebe und kann daher für keinen nach ſeinen hiſtologiſchen Charakteren ſpecifiſch verſchiedenen Nerven angeſehen werden. Nur zeichnet er ſich durch die Zahl ſeiner Ganglien und die mannichfache Urſprungsquelle ſeiner Faſerelemente aus. Wie die der Cerebroſpinalnerven größtentheils aus dem Gehirn und dem Rückenmarke kommen, ſo bezieht der Sympathicus die Mehrzahl ſeiner Faſern aus ſeinen Knoten und den Spinalganglien. Das Letztere läßt ſich daraus erſchließen, daß hinter den Spinalganglien viel mehr feine Faſern als zwiſchen jenen und dem Rückenmarke auftreten. Auch ſteht wahrſcheinlich der Sympathicus der Säugethiere in ſeiner Zuſammenſetzung den Rückenmarksnerven näher und iſt hier von dem Centralnervenſyſteme abhängiger als bei dem Froſche. Während alſo dieſe Beobachtungen eine theilweiſe Selbſtſtändigkeit der Ganglien unterſtützen, machen ſie auch die ſo häufig

[1]) **A. Kölliker die Selbstständigkeit und Abhängigkeit des sympathischen Nervensystems durch anatomische Beobachtungen erwiesen. Zürich, 1844. 4.**

bei dem Menſchen und den Säugethieren wahrnehmbaren Einflüſſe des Gehirns und Rückenmarkes auf die Eingeweide der Bruſt- und Bauchhöhle erklärlich und geben zugleich einen Wahrſcheinlichkeitsgrund dafür, daß Reflexthätigkeiten in den Knoten möglich ſind, ſofern ſich dabei Ganglienfaſern betheiligen.

Eben ſo bedürfen die S. 767. 772 befindlichen Bemerkungen über das Verhältniß des Herzens zu den Nerven einer Berichtigung. Zuvörderſt hat die daſelbſt beſtrittene Beobachtung von Volkmann, daß beſtimmte Stellen des Rückenmarkes einen weſentlichen Einfluß auf die Thätigkeit der Lymphherzen ausüben, ihre vollkommene Richtigkeit. Die hinteren Lymphherzen klappen oft gleichſam zu, ſo wie man das Mark in der Gegend des achten Wirbels zerſtört. Die ſpäteren Zuckungen, welche bei ſehr reizbaren, im Herbſte friſch eingefangenen oder im Winter warm gehaltenen Fröſchen Stunden hindurch und ſelbſt länger als der Pulsſchlag des Blutgefäßherzens anhalten können, ſind, wie ich bei neueren Unterſuchungen ſah, unvollſtändig oder unregelmäßig. Es fehlt die nöthige Coordination der einzelnen Theile oder auch die vollkommene Thätigkeit aller. Da aber dieſes bei dem ausgeſchnittenen Blutgefäßherzen nicht Statt findet, ſo wird hierdurch nach Volkmann ein weſentlicher Unterſchied bedingt. Es iſt möglich, daß dieſer Vorzug des Erſteren von den mikroſkopiſchen Remak'ſchen Ganglien abhängt, indem dieſe auf ihre Ganglienfaſern oder andere neben ihnen vorbeigehende Nervenfaſern einwirken und den fortdauernden Schlag harmoniſch machen.

Die innige Beziehung der Lymphherzen zu dem Rückenmarke giebt zugleich einen Beleg dafür, daß unwillkürliche und dem Gefäßſyſteme angehörende bewegliche Theile von dem Centralnervenſyſteme direct beherrſcht werden können und man daher auch nicht ſicher auf die Anweſenheit von Ganglienfaſern in allen Drüſengängen, Gefäßen ſchließen darf, ſo lange ſie nicht beſtimmt nachgewieſen ſind. Wenn aber auch die Lymphherzen in der genannten Beziehung den freien rothen Muskeln ähnlich zu ſein ſcheinen, ſo weichen ſie doch in manchen anderen Punkten auf eigenthümliche Weiſe ab. Sie ſtehen z. B. bisweilen nach der bloßen Spaltung der benachbarten Haut augenblicklich ſtill, um ſich erſt nach einiger Zeit von Neuem zu erholen. Schneidet man die ganze Wirbelſäule hinweg und leitet durch das Präparat einen ſelbſt ſtarken elektriſchen Strom, daß die Muskeln der Hinterbeine mit Lebhaftigkeit antworten, ſo verändern ſich bisweilen die Zuckungen der hinteren Lymphherzen nicht, wenn ſie ſelbſt noch ziemlich lebhaft oder umgekehrt nur ſchwach ſind. Oft ſetzen ſie für einige Zeit von ſelbſt aus, um ſpäter von Neuem kräftiger thätig zu ſein, mit einem Worte, es zeigen ſich Nuancirungen der Reizbarkeit, welche bei den freien Rumpfmuskeln weniger ſcharf hervortreten.

Bern, den 8. Januar 1845.

Inhalt

des zweiten Bandes.

	Seite
Specielle Phyſiologie.	
Zweite Abtheilung. Die Lehre vom Nervenleben	1
Bewegung	8
Elementarbewegungen	15
Specialbewegungen des Menſchen	192
Stimm- und Sprachbildung	254
Sinnesempfindungen	309
Sehen	322
Hören	500
Riechen	537
Schmecken	548
Taſtſinn	558
Nerventhätigkeit	578
A. Peripheriſches Nervenſyſtem	587
B. Centrales Nervenſyſtem	733
Dritte Abtheilung. Die Lehre von den Zeugungsthätigkeiten und der Entwickelung der Functionen	829
Zeugung	831
Entwickelung	860

Inhalt

des zweiten Bandes.

	Seite
Specielle Physiologie.	
Zweite Abtheilung. Die Lehre vom Thierleben	1
Bewegung	8
Elementarbewegungen	13
Specialbewegungen des Menschen	102
Stimm- und Sprachbildung	251
Sinnesempfindungen	309
Sehen	322
Hören	500
Riechen	537
Schmecken	549
Gefühl	558
Nerventhätigkeit	578
A. Peripherisches Nervensystem	587
B. Centrales Nervensystem	603
Dritte Abtheilung. Die Lehre von den Zeugungserscheinungen und der Entwickelung der Functionen	829
Zeugung	834
Entwickelung	900

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

ICH
erei
urg/L

INRICH
binderei
Rottenburg/L

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Valentin, Gabriel Gustav,

Lehrbuch der Physiologie des Menschen für Aerzte und Studirende

Bd.: 2

Braunschweig (1844)

Anat. 429 mb-2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10477759-2